VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a
informatiky

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010 Miroslav Uchoč

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

# Dálkové ovládání spotřebičů s využitím GSM

# Remote Control of Appliances Using GSM

2010 Miroslav Uchoč

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 6. května 2010 Miroslav Uchoč ……...

# Poděkování

Chtěl bych poděkovat doc. Ing. Petru Palackému, Ph.D. který mi poskytl odbornou pomoc.

# Abstrakt

Má práce se zabývá dálkovým ovládáním spotřebičů v sítí GSM. Jde o ovládání jakéhokoli zařízení z kteréhokoli místa v dosahu mobilní sítě, pomocí mobilního telefonu nebo dvěma GSM moduly. Dálkově ovládaný spotřebič musí být spojen s GSM modulem pomocí sériového rozhraní RS-232. Komunikace probíhá pomocí textových zpráv, ve formě, které jsou předem dány. Obsluhu textových zpráv provádí mikropočítač, který zprávy čte a podle správně zadaného kódu na ně i odpovídá, v opačných případech zprávy ignoruje. Na dálku lze přenášet naměřená data, zapínat a vypínat spotřebiče nebo se informovat o aktuálním stavu. Jde tedy o plně funkční a ověřený způsob dálkového ovládaní přes síť GSM, který je užitečný a v dnešní době si najde určitě řadu zalíbení a uplatnění.



# Klíčová slova

GSM, Siemens TC65, GSM modul, modul TC65, RS-232, AT příkaz, zpráva SMS, mikropočítač, THERMO2GSM

# Abstract

The thesis deals with remote control of appliances in GSM net. It is a control of every appliances by mobile telephone or by two GSM modules from everywhere within signal coverage of the mobile net. Remote controlled consumer must be connected to GSM module with serial interface RS-232. Communication is running over text messages in a code form, which is predefined. The microcomputer operates text messages. It reads and answers the messages according rightly scheduled code and in opposite situation it ignores them. At a distance it is possible to transfer measured dates, switch on and off consumers or inform about actual situation. It is fully functional and tested in a way of remote control through GSM net, which is useful and nowadays it will certainly find a lot of usage and popularity.



# Key words

GSM, Siemens TC65, GSM module, module TC65, RS-232, AT command, message SMS, microcomputer, THERMO2GSM

# Seznam použitých symbolů a zkratek

| | |
|---|---|
| ADC | Analog-to-Digital Converter |
| ASCII | American Standard Code for Information Interchange |
| COM | RS-232 |
| DPS | Deska plošného spoje |
| GPS | Global Positioning System |
| LED | Light Emitting Diode |
| PAN | Personal Area Network |
| PDA | personal digital assistant |
| PIN | Personal identification number |
| PUK | Personal Unblocking Key |
| SIM | Subscriber Identification Module |
| SMS | Short Message Service |
| SPI | Serial Peripheral Interface |
| UART | Addressable universal Asynchronous Receiver Transmitter |
| UHF | Ultra high frequency |
| USART | Addressable universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter |
| USB | Universal Serial Bus |
| WLAN | wireless local area network |

# Obsah

# 1. Úvod

Dálkové ovládání pochází již od roku 1893 kdy si ho nechal patentovat Nikola Tesla. První dálkově ovládané výrobky se začali objevovat během první světové války, kdy bylo z konstruováno modelové letadlo. V USA bylo vytvořeno dálkové ovládání garážových vrat a o něco později se objevil první dálkový ovladač k televizi. Ze začátku se používalo principu přenosu světla, rádiových vln a ultrazvuku..

Z přicházející dobou se začali objevovat nové technologie a tím se rozrostla bezdrátová komunikace takřka po celém Světě. Dnešní dobu si bez dálkového ovládání nebo bezdrátové komunikace nedovedeme ani představit. Tyto technologie využíváme téměř denně, kde nejrozšířenější z nich je asi mobilní síť GSM.

Mobilní sítě GSM byly původně vyvíjeny za účelem přenosu hlasu. Protože ale fungují na digitálním principu i lidský hlas se v nich přenáší v digitální formě. Proto je celkem snadné s jejich pomocí přenášet nejen hlas, ale i data.

Právě proto jsou v této práci rozebrány standarty pro bezdrátovou komunikaci a následně navrhnuto zařízení, pro přenos naměřených dat, konkrétně teploty, v sítí GSM. Tento princip lze použít jako návod pro bezdrátové ovládání spotřebičů.

# 2. Bezdrátová komunikace

Vznik bezdrátové komunikace se datuje do období přelomu 19. a 20. století, kdy italský vědec Guglielmo Marconi prováděl své pokusy s bezdrátovým telegrafem. Dále pak se bezdrátová komunikace využívá hlavně k přenosu hlasu a obrazu, ať už v analogové nebo digitalizované podobě. Aplikací technologie, která dovoluje využít UHF a mikrovlnná pásma, dochází k rozvoji nízkorychlostních a vysokorychlostních bezdrátových komunikací a bezdrátových sítí.

Bezdrátová komunikace spočívá ve spojení dvou subjektů jiným způsobem, než mechanicky (kabelem). Podle typu nosného média můžeme rozlišovat mezi komunikací optickou (světlo), rádiovou a sonickou (zvuk). Vzdálenost mezi komunikujícími body může být od několika metrů (infračervený ovladač televize) do miliónů kilometrů (komunikace družic v kosmickém prostoru). Bezdrátovou komunikaci vnímáme jako jeden z oborů v telekomunikacích. Termín bezdrátová technologie je používán v oboru mobilních zařízení, jako jsou mobilní telefony, PDA, ale najdeme ji i v GPS zařízeních, satelitní televizi a jinde. V zásadě se při bezdrátové komunikaci vždy používá vlnění určité frekvence. [2]

Bezdrátové technologie se stávají trendem v oblasti komunikace a jejich uplatnění najdeme v nejrůznějších aplikacích. Jejich velkou výhodou je především flexibilita a tedy oproštěnost od kabelových rozvodů. Proto je možné využít bezdrátové standardy v různých aplikacích, jako např. pro měření veličin, monitorování stavů zařízení, vzdálené ovládání a řízení, v zabezpečovacích systémech, apod. Při využití v průmyslovém prostředí je kladen větší důraz na celkovou spolehlivost celého bezdrátového systému, ale také na práci v reálném čase, což není zcela jednoduché a pro časově náročné aplikace nelze každý bezdrátový standard využít.

# 3. Přehled bezdrátových sítí

Bezdrátové sítě mohou pracovat v bezlicenčním, čili volném, nebo licenčním pásmu. Nejčastěji se ovšem bude vybírat z pásma bezlicenčního, protože pro většinu uživatele bude rozhodující cena. Na kratší vzdálenosti je vhodná řada sítí Bluetooth nebo ZigBee a pro větší vzdálenosti pak IEE802.11 nebo standardně síť GSM. Bezdrátové komunikace v automatizaci jsou v počátcích a vývoj závisí na tom, jak se bude vyvíjet situace ve veřejných sítích. V tab 1. je uveden seznam standardu pro bezdrátový přenos dat.

| Standard | Rok vydání | Pásmo | Přenosová rychlost | Dosah |
|---|---|---|---|---|
| IEEE 802.11 | 1997 | 2,4 GHz | 2 Mbit/s | 100 m |
| IEEE 802.11a | 1999 | 5 GHz | 54 Mbit/s | 120 m |
| IEEE 802.11b | 1999 | 2,4 GHz | 11 Mbit/s | 140 m |
| IEEE 802.11g | 2003 | 2,4 GHz | 54 Mbit/s | 140 m |
| IEEE 802.11n | 2009 | 2,4 GHz, 5 GHz | 600 Mbit/s | 250 m |
| IEEE 802.11y | 2008 | 3,7 GHz | 54 Mbit/s | 5 Km |
| Bluetooth | 2000 | 2,4 GHz | 720 kB/s | 100 m |
| ZigBee | 2004 | 868 MHz, 902-928 MHz, 2,4 GHz | 250 kB/s | 75 m |
| GSM | 1990 | 850, 900, 1800, 1900 MHz | 171 kB/s | 35 Km |

Tab. 1: Standardy pro bezdrátové přenosy dat

### 3.1 IEEE 802.11

Před nástupem normy pro bezdrátové sítě IEEE 802.11 bylo nutné používat pro tvorbu bezdrátových sítí vždy zařízení od stejného výrobce. Různé normy jednotlivých výrobců bránily většímu rozšíření bezdrátových sítí a proto v roce 1990 začala organizace IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) pracovat na normě, která by umožnila vzájemnou spolupráci zařízení od různých výrobců. Z této snahy vznikla v červenci 1997 norma IEEE 802.11, která využívala bezlicenční pásmo od 2,4 do 2,4835 GHz a definoval pro tři různé fyzické vrstvy jednu MAC (Media Access Control) podvrstvu (součást spojové vrstvy) podle referenčního modelu OSI (Open system Interconnection). Maximální přenosová rychlost 2Mbit/s, ale byla nedostačující, a proto došlo ke vzniku dvou pracovních skupin, které pracovali na navýšení této rychlosti. Jedna skupina se zabývala možností využití jiného frekvenčního pásma (5 GHz) a druhá skupina se snažila nalézt způsob, jak lépe využít stávající pásmo. Z návrhů těchto pracovních skupin vznikli doplňky IEEE 802.11a (alias

Wi-Fi5) s maximální přenosovou rychlostí 54 Mbit/s a doplněk IEEE 802.11b (alias Wi-Fi) s maximální přenosovou rychlostí 11 Mbit/s. Během několika dalších let došlo a stále dochází ke vzniku dalších doplňků původní normy, které se zabývají např. dalším nárůstem přenosových rychlostí, podporou kvality služeb (QoS), lepší zabezpečení ap. Označení Wi-Fi (Wireless Fidelity, „bezdrátová věrnost“) vzniklo jako označení pro zařízení, která splňují požadavky normy IEEE 802.11 a jejích doplňků. Testování a udělování certifikátů provádí organizace WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) v roce 2002 přejmenovaná na Wi-Fi Alliance.

### 3.2 IEEE 802.11a

Doplněk IEEE 802.11a byl schválen v roce 1999 a na rozdíl od IEEE 802.11 pracuje v pásmu 5 GHz s výrazně vyšší přenosovou rychlostí, 54 Mbit/s. Pro její dosažení se poprvé v paketových komunikacích používá ortogonální multiplex s kmitočtovým dělením (Orthogonal Frequency Division Multiplex, OFDM), který se dosud používal pouze v systémech jako DAB (Digital Audio Broadcasting) nebo DVB (Digital Video Broadcasting) určených pro distribuci digitálního zvuku a videa. Výhoda IEEE 802.11a není pouze ve vyšší rychlosti, ale také v použitém kmitočtu, protože kmitočtové pásmo 5 GHz dovoluje využití více kanálů bez vzájemného rušení (IEEE 802.11a nabízí až osm vzájemně nezávislých a nepřekrývajících se kanálů). Rozdílné používané kmitočty znemožňují vzájemnou spolupráci sítí podle IEEE 802.11 a IEEE 802.11a.

### 3.3 IEEE 802.11.b

Tento standard je jedním z doplňků norem IEEE 802.11 zabývajících se definicí bezdrátového komunikačního standardu známým pod komerčním názvem Wi-Fi. Byl schválen v roce 1999 a oproti původnímu standardu navyšuje přenosovou rychlost na 11 Mbit/s v přenosovém pásmu 2,4 GHz. Dosah až 12km ve volném prostředí

### 3.4 IEEE 802.11g

Je WiFi standard rozšiřující IEEE 802.11b. Je zpětně kompatibilní, vysílá ve stejném frekvenčním pásmu 2400 - 2485 MHz, ale maximální nominální rychlost je 54 Mbit/s, což odpovídá přenosům přibližně o rychlosti 25 Mbit/s. Použité modulační schéma je OFDM pro rychlosti 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 a 54 Mbit/s, přičemž pro rychlosti 1, 2, 5.5 a 11 Mbit/s je použito stejné schéma jako ve standardu IEEE 802.11b.

### 3.5 IEEE 802.11n

Skupina IEEE 802.11n studuje různé možnosti nastavení parametrů fyzické vrstvy a MAC podvrstvy pro zvýšení datové propustnosti. Mezi tyto možnosti patří použití více antén MIMO (Multiple-Input Multiple-Output), tzv. „chytrých antén", změny kódovacích schémat a změny MAC protokolů. Aktuální cíl skupiny je přenosová rychlost minimálně 100 Mbit/s měřených mezi MAC podvrstvou a vyššími vrstvami. Motivací pro měření nad MAC vrstvou je skutečnost, že uživatelská data můžou dosahovat rychlostí významně nižších než rychlost na fyzické vrstvě, protože tento přenos obsahuje mimo vlastních dat hlavičky paketů, potvrzování, čekání na uvolnění média a různé mezivrstvové přenosy. Výsledkem potom je, že množství dat, které přichází z MAC podvrstvy, může klesnout až na polovinu množství dat přenesených na fyzické vrstvě. Navíc ke zvětšení propustnosti má IEEE 802.11n zajistit vyšší dosah se zachováním co největší rychlosti a zvětšit odolnost proti rušení.

### 3.6 IEEE 802.11y

Doplněk, který by měl umožnit využití pásma 3650 – 3700 MHz v USA.

### 3.7 Bluetooth

Bluetooth byl první bezdrátovou osobní sítí, vývojem se zabývá od roku 1998 Bluetooth SIG (Special Industry Group), kterou jako neziskové průmyslové sdružení založily firmy Ericsson, IBM, Intel, Nokia a Toshiba. Název technologie je odvozen od přezdívky dánského krále Haralda II - Blatand ("modrý zub", prý podle jeho mimořádné záliby v borůvkách a ostružinách), který během 10. století sjednotil skandinávský lid. A technologie Bluetooth má také za cíl sjednotit osobní komunikační a výpočetní zařízení. Jméno technologie, původně zvolené pouze dočasně, nakonec zůstalo, a tak se dostalo i do povědomí uživatelů. Mezi nejvýznamnější prosazovatele Bluetooth, coby levné bezdrátové technologie s krátkým dosahem, dnes patří vedle zakladatelů SIG společnosti 3Com, Agere, Microsoft a Motorola.

Specifikace Bluetooth (první verze byla k dispozici v roce 1999) je charakteristická nízkými nároky na napájení a spoluprací s malými koncovými zařízeními. Rychlost na fyzické vrstvě dosahuje 1 Mbit/s, přičemž skutečná propustnost dat se pohybuje maximálně kolem 720 kbit/s. Komunikace po Bluetooth nabízí až tři hlasové kanály. Bluetooth pracuje podobně jako WLAN 802.11b v bezlicenčním pásmu 2,4 GHz. Na rozdíl od 802.11b ale Bluetooth využívá metody rozprostřeného spektra s přeskakováním kmitočtů (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), kdy rádiový signál velmi rychle (1600krát za sekundu) náhodně přeskakuje mezi 79 jedno-MHz kanály.

Veškerou komunikaci v síti Bluetooth řídí hlavní stanice (master) prostřednictvím protokolu výzvy: podřízená stanice (slave) může komunikovat s ostatními výhradně prostřednictvím hlavní stanice. Komunikace mezi hlavní stanicí a podřízenou stanicí je asynchronní bez spojení (asynchronous connectionless). Hlavní stanice alokuje časové úseky podle potřeb pro každý typ komunikace (synchronní nebo asynchronní) prostřednictvím mnohonásobného přístupu s časovým dělením (Time Division Multiple Access, TDMA). Bluetooth používá stejné kmitočty pro vysílání a příjem s využitím Time Division Duplexing (TDD), které také umožňuje, aby jedna stanice sítě byla současně podřízenou i hlavní stanicí.

Bluetooth podporuje jak dvoubodovou, tak mnohabodovou komunikaci. Pokud je více stanic propojeno do ad hoc sítě, tzv. pikosítě (piconet), jedna rádiová stanice působí jako hlavní (master) a může simultánně obsloužit až 7 podřízených (slave) zařízení. Všechna zařízení v pikosíti se synchronizují s taktem hlavní stanice a se způsobem přeskakování mezi kmitočty. Specifikace dovoluje simultánně použít až 10 pikosíti na ploše o dosahu 10 metrů. Pikosítě lze sdružovat do tzv. scatternets ("rozprostřených" sítí). [3]

### 3.8 ZigBee

ZigBee je schválen jako mezinárodní standard standardizační organizací IEEE označovaný též jako IEEE 802.15.4. V roce 2002 založená ZigBee Alliance sdružuje přes 150 nadnárodních firem a korporací (Texas Instruments, Analog Devices, Cisco Systems, Freescale Semiconductors, Motorola,...) a vzájemnou spoluprací realizují spolehlivé, nízkonákladové a nízkopříkonové bezdrátově propojené kontrolní a řídicí produkty.

ZigBee je jednoduchý bezdrátový komunikační standard, který umožňuje vzájemnou komunikaci mnoha zařízení na vzdálenost desítek metrů. Díky nízkým nárokům na hardware a nízké spotřebě najde uplatnění v oblasti řízení budov, spotřební elektroniky a průmyslu, například v podobě bateriově napájených bezdrátových senzorů. V současnosti se již pracuje na verzi 1.1.

Technologie ZigBee postavená na fyzické linkové vrstvě IEEE 802.15.4 definuje tři různé síťové topologie. Základní topologií je topologie hvězdicová s centrálním řídícím uzlem (koordinátorem sítě). Druhým typem je stromová struktura jež umožňuje zvětšit vzdálenost mezi koordinátorem a koncovým zařízením. Protokol též umožňuje vytvoření redundancích spojení a vzniká tak topologie typu sítě – mesh. S její pomocí je možné vytvořit síť prakticky libovolného uspořádání.

Pro adresaci jednotlivých zařízení v síti lze použít dlouhé (64 bit) nebo zkrácené (16 bit) binární adresovací kódy. Každou síť lze jednoznačně určit pomocí 16bitového identifikátoru PAN ID,

který se používá v případě, kdy v jednom prostoru je provozováno více sítí podle standardu IEEE 802.15.4. Každá sít s jedinečným PAN ID je řízena koordinátorem (centrální stanicí).

### 3.9 GSM

Celulární radiotelefonní systém GSM patří mezi systémy druhé generace, které jsou plně digitální. V porovnání s analogovými systémy umožňuje dosáhnout kvalitnější spojení v nepříznivých podmínkách pozemních rádiových kanálů, efektivněji využívá přidělená kmitočtová pásma. Přenos signálů v digitální formě umožňuje značně rozšířit nabídku poskytovaných služeb a dosáhnout kompatibility s jinými digitálními sítěmi, a to nejen v rámci jednoho státu, ale i po celém světě.

Základní aplikace GSM byly definovány i realizovány v pásmu 900 MHz. Jejich úspěch a následné rozšíření v celosvětovém měřítku ukázaly, že relativně nízký počet rádiových okruhů na jednu základnovou stanici vede při vyšších nárocích na počet uživatelů k vytváření vysokého počtu malých buněk, a proto požadavky na udržení vysoké kvality vedly k dalším variantám s více frekvenčními pásmy. Během vývoje tak vznikly tři standardy lišící se především použitým frekvenčním pásmem a počtem kanálů. První standard nese název GSM 900 a to protože, pracuje v pásmu 900 MHz. Další standard je GSM 1800, který pracuje v pásmu 1800 MHz a poslední je GSM 1900, který pracuje v pásmu 1900 MHz. Varianty GSM 1800 a GSM 1900 jsou někdy označovány jako systémy DCS (Digital Communication System – digitální komunikační systém).

V mé práci je použit modul TC65, který je speciálně vyvinut pro sítě GSM. Proto se nyní budu již věnovat, podrobně síti GSM.

# 4. Historie sítě GSM

Během 80tých let zaznamenal svět rychlý růst analogových celulárních systémů v Evropě, zvláště pak ve Skandinávii, Velké Británii, Francii a Německu. Každá země měla vyvinutý svůj systém, který však byl neslučitelný s jakýmkoliv jiným systémem celulární komunikace. Tato situace byla neudržitelná nejenom z důvodu nepoužitelnosti zařízení za hranicemi země, které ve sjednocující se Evropě ztrácely na významu, ale také z důvodu velmi omezeného trhu pro jednotlivé typy zařízení, což s sebou přinášelo ekonomické problémy. Proto Konference evropských správ a pošt CEPT vytvořila v roce 1982 novou standardizační skupinu GSM (Groupe Spécial Mobile), která měla za úkol vytvořit standardy pro nový digitální systém, který by byl kompatibilní v zemích celé Evropy (světa). V roce 1989 byla odpovědnost za standardizaci tohoto systému přesunuta na Evropský telekomunikační normalizační institut (ETSI) a v roce 1990 byla specifikace fáze 1 sítě GSM prohlášena standardem. Tehdy vznikla speciální skupina nazvaná Groupe Speciál Mobile (GSM), která měla za úkol vyvinout systém tak, aby byl v zemích celé Evropy (celého světa) kompatibilní.

Navrhnutý systém musel splňovat určitá kritéria:

- perfektní kvalita přenášené řeči
- nízká cena služeb
- podpořit mezinárodní roaming
- efektivitu v budoucnosti
- výkonnost a ISDN slučitelnost

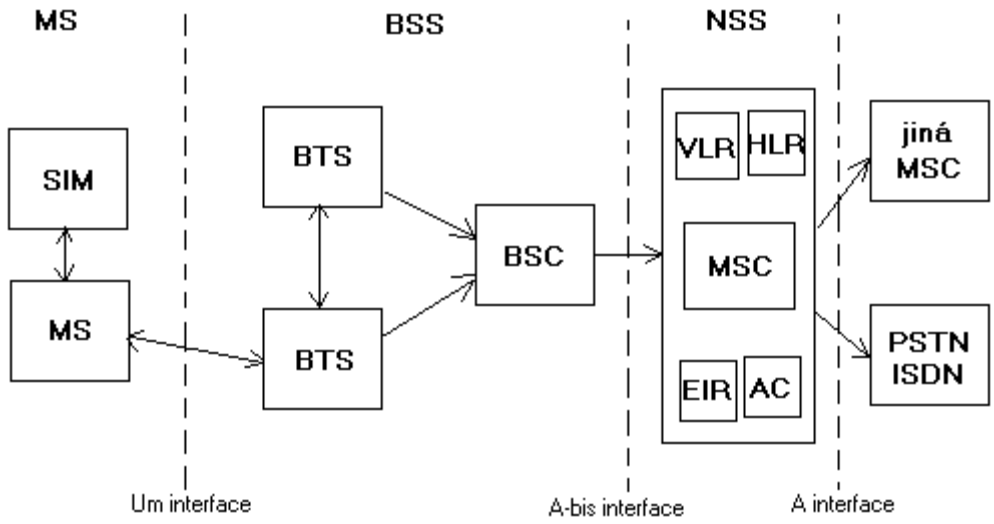
Komerční provoz první GSM sítě byl zahájen v polovině roku 1991 a již v roce 1993 existovalo 36 GSM sítí v 22 zemích. Ačkoliv byl standardizován v Evropě, GSM není jen evropský standard, ale například i Jižní Afrika, Austrálie a mnoho dalších zemí středního a dálného východu zvolily z hlediska kompatibility tento systém.

S jistým zpožděním použili tuto technologii i v USA, kde pod názvem PCS 1900 pracuje na odlišných frekvencích. Systém GSM tak existuje na všech kontinentech a zkratka GSM je interpretována jako "Global System for Mobile Communication", tedy "Globální systém pro mobilní komunikaci". Analogové buňkové systémy jako například AMPS v USA nebo TACS ve Velké Británii začaly pomalu upadat a v současné době je systém GSM velice rozšířeným mobilním komunikačním prostředkem. V květnu 2001 dosáhl počet uživatelů GSM 900/1800/1900 na celém světě 500 miliónů. V České republice byl systém GSM spuštěn v roce 1996 společností Eurotel a dále následován společnostmi Radiomobil a Český mobil. [1]

# 5. Architektura GSM

GSM síť je rozdělena na 3 hlavní části:

1. Mobilní stanice (MS) a základnová stanice (BTS)
2. Subsystém základnových stanic (BSS)
3. Síťový a spínací podsystém (NSS)




Obr. 1: Blokové schéma sítě GSM

## 5.1 Mobilní stanice

Obsahuje fullduplexní transceiver, displej, digitální signálový procesor (DSP), smart (SIM) kartu.

SIM karta obsahuje informace o uživateli, seznam tel. čísel, seznam uložených SMS zpráv, prostě vše co zajistí uživateli přihlášení do GSM sítě. SIM lze použít v jakémkoliv mobilním telefonu, kromě těch které si operátor blokuje pouze na svou síť.

Mobilní telefon je identifikován IMEI (International Mobile Equipment Identity) číslem. SIM karta obsahuje IMSI kód (International Mobile Subscriber Identity), tajný klíč a ostatní uživatelské informace. SIM může být ještě chráněna PIN kódem (Personal Identification Number), který je její základní ochranou. EMEI kód se nejčastěji používá při odcizení mobilního telefonu a to tak, že operátor zapíše tento kód na svůj Black List (seznam kradených telefonů) a pak takový pokus telefonu o přihlášení do sítě skončí neúspěšně. Stejně tak o jde i s IMSI kódem. [4]

### 5.2 Systém základnových stanic

Tvoří základnové stanice (BTS - Base Transceiver Station) a základnová řídící jednotka (BSC - Base Station Controller). Systém základnových stanic (BSS) řídí pomocí radioreleových spojů jednu nebo více BTS stanic. BSS zajišťuje přidělování radiových kanálů i dynamické přidělování kanálů během komunikace a předávání hovorů mezi BTS v případě že se pohybujete. BSC vytváří komunikační spojnici mezi MS a MSC a překládá 13kbps hlasový kanál do standardního 64kbps kanálu (PSTN, ISDN). [4]

### 5.3 Síťový podsystém

Je hlavní komponentou mobilní spínací ústředna (MSC), která zajišťuje funkci telefonní ústředny. Základní funkce: registrace v síti, ověřování, lokalizace polohy, směrování hovorů, roaming a spojení mezi pevnou sítí.

Domovský lokační registr (HLR - Home Location Register) databáze uschovávající všechny informace o účastnících "domovské" oblasti této HLR. Jsou to informace o předplacených službách. Existuje pouze jedna HLR na GSM síť.

Návštěvnický lokační registr (VLR - Visitor Loaction Register) obsahuje vybrané informace z HLR nezbytné pro řízení hovorů těch mobilních stanic, které se právě pohybují v dané geografické oblasti spravované danou MSC.

Registr mobilních stanic (EIR - Equipment Identity Register) databáze, která obsahuje seznam všech platných mobilních telefonů celé sítě, kde je každý účastník identifikován pomocí IMEI čísla.

Autentifikační centrum (AuC - Authentification Center) je chráněná databáze, která obsahuje kopii tajných klíčů, která jsou uložena na SIM kartě a které se používají při přihlášení do sítě. [4]

# 6. Data v GSM

Pevné i mobilní telefonní sítě jsou již od svého vzniku založeny na principu přepojování okruhů (circuit switching). Po vytvoření spojení je po celou dobu přenosu přidělen účastníkům jeden spojovací kanál do výlučného použití. Výhodou tohoto způsobu je možnost garantovat kvalitu přenosu, velmi malé a rovnoměrné přenosové zpoždění, nevýhodou je pak neefektivnost využití přenosové kapacity. Spojovací kanál je po dobu přenosu vyhrazen a není možné ho využít někým jiným, i když spolu účastníci právě nekomunikují. Naopak v datových sítích se již od počátku prosazuje odlišný princip, a to tzv. princip přepojování paketů (packet switching). Ten umožňuje velmi efektivní využití přenosové kapacity sítě. Na rozdíl od principu přepojování okruhů se v tomto případě disponibilní přenosová kapacita žádnému z účastníků nevyhrazuje a je ponechána jako celek. Přenášené bloky dat putují k cíli přes přepojovací uzly, ve kterých se mohou různou dobu zdržet. Důsledkem je větší přenosové zpoždění než u přepojování okruhů. Navíc toto zpoždění není rovnoměrné.

Technologie pro přenos digitalizovaného hovorového signálu v datových sítích se označují jako VoD (Voice over Data Network). Pravděpodobně nejznámějším ze způsobů tohoto přenosu je VoIP (Voice over IP). Hovorové signály putují k cíli v datových paketech a jsou vystaveny všem nepříznivým vlivům typickým pro datové sítě (přenosové zpoždění, ztráta paketů, atd.). Díky těmto jevům pak může docházet například ke vzniku echa, nebo k částečnému či úplnému přerušení hovoru.

Opačný případ, tedy přenos datových signálů v pevných a mobilních telefonních sítích, se nazývá DoV (Data over Voice). Systém GSM umožňoval ve své základní variantě přenos datových signálů rychlostí až 9,6 kbit/s. Tato rychlost byla ovšem naprosto nedostačující. Díky své flexibilitě umožnil systém GSM implementaci nových standardů GPRS, HSCSD a EDGE. Tím byl rozšířen na tzv. systém 2,5 (2,75) generace, který umožňuje přenos dat rychlostí v řádu desítek až stovek kbit/s.

Data jsou při přenosu v GSM poměrně složitě kódována, protože musí být zabezpečena důkladněji než hovorový signál. Chyba v přenosu jediného bitu, který reprezentuje například desetinnou čárku, může totiž způsobit chybu při řízení důležitého procesu. Naproti tomu chyba v přenosu jednoho bitu u hovorového signálu má za následek výpadek jednoho hovorového rámce v délce pouhých 20 ms, což účastníci ani nepostřehnou. [5]

### 6.1 CSD

Nejjednodušším způsobem realizace přenosu dat v systému GSM je CSD (Circuit Switched Data). Při zpracování signálu v GSM je každých 20 ms generováno 260 bitů (13 kbit/s), ze kterých se po aplikaci samo opravných kódů stává 456 bitů (22,8 kbit/s). Na každý time slot pak vychází včetně

režijních bitů (tréninková sekvence apod.) přenosová rychlost 33,8 kbit/s. Platí tedy vlastně, že režie na vedení hovoru je přibližně 9,8 kbit/s a režie na fungování GSM sítě cca 11 kbit/s. Princip fungování CSD je velmi jednoduchý a prakticky nevyžaduje jakýkoliv zásah do systému GSM. Digitalizovaný hlasový signál je jen zaměněn za „obecná data“ a jde tedy o přenos dat na principu přepojování okruhů. Rychlost CSD v základní formě je 9,6 kbit/s. Jedná se o nejbližší nižší normovanou rychlost, která se vejde do 13 kbit/s, původně určených pro hlasový signál. Zbylých 13,2 kbit/s je použito pro zajištění bezpečnosti, ošetřování chyb, výpadků, atd. Pokud se omezí redundantní zabezpečení dat, může přenosová rychlost CSD dosáhnout 14,4 kbit/s. Efektivní (skutečně dosahovaná rychlost) se ale zmenšuje s rostoucí vzdáleností MS od BTS. [5]

### 6.2 HSCSD

Standard HSCSD (High Speed Circuit Switch Data) byl specifikován organizací ETSI v roce 1997. Umožňuje přenos dat v síti GSM vyšší rychlostí bez hardwarového zásahu do její struktury. Jde tedy stále o přenos na principu přepojování okruhů. Na straně sítě je nutné podstoupit pouze softwarové úpravy na tuto technologii, což umožňuje velice rychlou implementaci HSCSD do stávajících sítí. HSCSD využívá ke zvyšování přenosové rychlosti současné použití více slotů. Účastníkům komunikace se tedy přidělí více slotů současně, na celou dobu existence jejich vzájemného spojení. Přenosová rychlost v jednom kanálu je 14,4 kbit/s a následným sdružením až 8 time slotů jednoho rámce lze vytvořit kanál s přenosovou rychlostí 115,2 kbit/s. To, kolik time slotů je využito, závisí jednak na jejich momentální dostupnosti, ale také na tom, jaké jsou schopnosti mobilní stanice. V České republice podporuje tuto technologii pouze síť společnosti O2.

Velkou nevýhodou CSD a HSCSD je to, že pracují na principu přepojování okruhů. Time sloty používané účastníky k přenosu dat pomocí těchto dvou technologií jsou jim vyhrazené po celou dobu spojení, a to i v případě, že žádná data nejsou v daný okamžik přenášena. Další nevýhodou je, že uživatel platí za dobu, po jakou je připojen, a ne za množství přenesených dat. [5]

### 6.3 GPRS

Na rozdíl od CSD a HSCSD zavádí technologie GPRS (General Packet Radio Services) způsob, jak v síti GSM přenášet data na principu přepojování paketů. K přenosu dat využívá GPRS pouze ty time sloty, které právě nejsou obsazeny. Výhoda GPRS spočívá také mimo jiné v tom, že umožňuje účtování za objem přenesených dat, a ne za čas strávený připojením.

Provoz v GSM síti probíhá v normálním případě tak, že se nejprve přidělí time sloty pro hovory a pro datové přenosy na principu přepojování okruhů (HSCSD či CSD). Teprve zbývající sloty jsou přiděleny pro GPRS (dle možností – jeden či více time slotů na jedno koncové zařízení). Při přetížení

sítě jsou jako první redukovány GPRS přenosy (operátor může odebrat i všechny time sloty přidělené pro přenos GPRS). Tak je efektivně využita kapacita sítě, není ale zaručena propustnost. GPRS tedy pracuje stylem „best effort“. Mobilní operátor obvykle rezervuje pro GPRS přenos v každém TDMA rámci 1 až 2 time sloty. Terminály jsou rozděleny do několika tříd podle toho, kolik time slotů jsou schopné použít pro uplink, downlink a kolik současně.

Na rádiovém rozhraní jsou definovány pro GPRS čtyři různé kódovací systémy CS (Coding Scheme). Jednotlivá schémata se liší v tom, jak rozdělují hrubou přenosovou rychlost jednoho time slotu (22,8 kbit/s) mezi “užitečná data” a zabezpečení. MS si kódovací schémata volí samo, podle aktuálních podmínek, a pochopitelně také podle toho, jaké jsou možnosti sítě.

GPRS používá stejný způsob modulace jako GSM, tedy 2-stavovou fázovou modulaci GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Stávající systém GSM ale neumožňoval paketový přenos dat a pro implementaci GPRS musí být síť GSM upravena přidáním několika infrastrukturních uzlů a provedením softwarových úprav některých částí sítě. [5]

### 6.4 EDGE

EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution) je technologie umožňující zvýšení přenosové rychlosti obou již popsaných systémů – HSCSD (Enhanced HSCSD, EHSCSD) a GPRS (Enhanced GPRS, EGPRS). V ČR je spuštěno pouze EGPRS a v této práci bude pod zkratkou EDGE uvažována právě tato technologie. Vyšší přenosové rychlosti oproti systému GPRS je dosaženo vhodnou modulací signálu. Systém EDGE používá 8-stavovou fázovou modulaci 8PSK (Eight Phase Shift Keying), a využití tohoto standardu proto vyžaduje zásah do hardwarového řešení BTS i MS. Jinak ovšem pracuje se stejnými prvky (SGSN, GGSN, IP páteřní síť atd.) jako GPRS a uvnitř sítě jsou tedy obě technologie identické. Zatímco modulační rychlost zůstává stejná jako u GPRS, rychlost přenosu se potenciálně zvýší na trojnásobek. U EDGE se velmi negativně projevuje vzdálenost od BTS. Zatímco v blízkosti základnové stanice může být rychlost i třikrát vyšší než u GPRS, ve větší vzdálenosti se už rychlosti téměř vyrovnají. Technologie EDGE zavádí celkem 9 nových kódovacích schémat, označovaných jako MCS1 až MCS9. U schémat MCS1 až MCS4 se používá původní dvoustavová modulace, zatímco u vyšších schémat je již použita nová 8-stavová modulace. Opět platí, že vyšší kódovací schémata poskytují vyšší přenosovou rychlost signálu, ale také nižší zabezpečení přenášených dat proti vzniku chyb.

Při využití všech 8 time slotů je teoreticky možné dosáhnout přenosovou rychlost 473,6 kbit/s. Stejně jako u technologie GPRS se ovšem v praxi využívají maximálně 4 time sloty, a proto se jako nejvyšší teoretická přenosová rychlost uvádí hodnota 236,8 kbit/s. Běžně se dosahuje přenosové rychlosti cca 150 kbit/s, což je zhruba trojnásobek reálné přenosové rychlosti GPRS. [5]

# 7. Bezpečnost přenosu dat v GSM

V systému GSM je třeba, stejně jako v jiných telefonních sítích zabránit nejen odposlechu, ale také zneužití ztraceného telefonu, volání na cizí účet a podobně. Bezpečnost v sytému GSM je obecně rozdělena do dvou hlavních kategorií. První z nich je ověření totožnosti účastníka, mobilní stanice a SIM karty, druhou kategorií je samotný proces šifrování přenášených dat. Ověření totožnosti uživatele SIM karty probíhá pomocí zadávání číselných kódů PIN (PIN2) a PUK. Ověření totožnosti mobilní stanice může probíhat (záleží na operátorovi) pomocí IMEI (International Mobile Equipment Identity), což je číslo uložené v mobilní stanic a dále v registru EIR. Do registru VLR je zasláno toto číslo, které je pak ověřeno a zařazeno do jednoho ze seznamů:

- White list ("bílý seznam") - stanice, jímž je přístup povolen
- Black list ("černý seznam") - kradené mobilní stanice
- Grey list ("šedý seznam") - porouchané stanice, nebo stanice nepodporující určité specifikace

Jediné slabé místo při přenosu jakýchkoli dat přes systém GSM se nachází v jeho rádiové části. Data přenášená mezi mobilním telefonem a základnovou stanici na jedné straně umožňují téměř neomezenou volnost uživatele mobilního telefonu, na straně druhé však znamenají potenciální nebezpečí odposlechu tohoto telefonu, v horším případě pak dokonce telefonování na účet majitele přístroje. Není pochyb o tom, že systém GSM je velmi důmyslný a potenciální vetřelec musí překonat řadu nástrah, pokud by chtěl proniknout do jeho útrob. První jsou technické obtíže takovéhoto činu, neboli vlastnictví odpovídajícího technického vybavení. GSM používá speciální protokoly a formáty dat pro přenos veškerých informací, které jsou sice standardem, ale pouze v rámci GSM - není to tak snadné jako nákup nového televizoru. Mimo jiné sem patří např. digitální modulace GMSK (speciální druh digitální FM modulace), neustálé přelaďování stanice (handover, frequency hopping), kanálové kódování (data se nepřenášejí ze sebou, ale na přeskáčku) a další. Druhou věcí je řada mechanizmů pro ověření identity uživatele. Jsou to po řadě TMSI, autentifikace algoritmem A38 a šifrování dat algoritmem A5. [6]

### 7.1 TMSI

Každý uživatel mobilní sítě má přiděleno svoje telefonní číslo MSISDN (např. 060X/123456). Síť GSM ve skutečnosti používá k identifikaci jednotlivých uživatelů tzv. IMSI číslo (International Mobile Subscriber Identity), které má předem definovaný formát jak má vypadat. Aby však nešlo vystopovat konkrétní telefonní přístroj a tak i jeho majitele, přiděluje vždy ústředna po zapnutí

telefonu jeho dočasnou identitu, jakési náhodně generované číslo TMSI. Toto náhodné číslo se může měnit i několikrát za den, např. pří změně oblasti (Location Area) apod. Najít pak konkrétního majitele telefonního přístroje je jako hledat jehlu v kupce sena. [6]

### 7.2 Autentifikace

Ověřeni "pravosti" uživatele má na starosti Autentifikační centrum (AuC). Hlavním účelem je zabránit přihlášení do sítě jakéhokoli zařízeni, které se snaží vypadat jako nějaký běžný uživatel a volat na jeho účet K ověření pravosti se používá algoritmus A3 a A8 (označovaný také A38), který se nachází na SIM kartě. [6]

### 7.3 Šifrování dat

Veškerá data na rádiové cestě jsou chráněna proti odposlechnu pomocí proudového šifrování XOR. Jako heslo operace XOR je použit výstup šifrovacího algoritmu A5, do kterého vstupují dvě veličiny : šifrovací klíč Kc a číslo TDMA rámce. Tento algoritmus, stejně jako vlastní šifrování, je implementován z důvodu rychlosti nikoli na SIM kartě, ale až ve vlastním telefonu. Také algoritmus A5 byl dlouho opředen závojem tajemství. V tomto případě se jedná o trojici vhodně zapojených posuvných registrů se zpětnou vazbou, označovanou též jako LFSR (Linear Feedback Shift Register). Výstupem A5 je vždy dvojice hesel dlouhá 114 bitů, jedno pro uplink, tj. vysílání ve směru mobilní telefon - základnová stanice, a druhé pro downlink, tedy ve směru opačném. Druhá část algoritmu A38/ COMP128, je též označovaná jako A8. Ta nám totiž generuje hned při přihlašování z čísel Ki a RAND šifrovací klíč Kc (64 bitů), který bude později využit pro vytvoření šifrovacího hesla operace XOR: Jelikož se autentifikace provádí při každém pokusu o přenos dat, je pro každou relaci sice jiné.Kc,. v rámci jedné relace je však Kc konstantou. To je také důvod, proč do hry vstupuje ještě číslo TDMA rámce, které se periodicky mění každých 4,15 ms. [6]

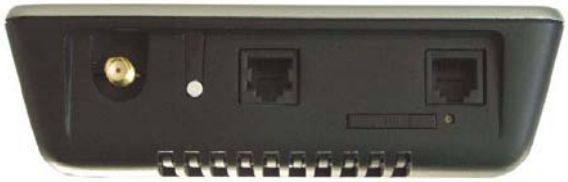
# 8. Siemens TC65

Modul je představitelem nové moderní generace bezolovnatých modulů určených pro oblasti např. prodejní automaty, vzdálené odečty, komunikace bezpečnostních zařízení a další. JavaTM technologie umožňuje vyvinout zcela nové m2m aplikace bez starosti o poplatky za licence a závislosti na jiných technologiích. Kromě časových úspor v podobě kratší doby vývoje, přináší podpora JavaTM technologie i úsporu v nákladech na nutné vybavení jako jsou řídící jednotka, paměť nebo TCP/IP stack. IMP 2.0 dovoluje provádět softwarové update jednoduše a bezpečně a především vzdáleně vzduchem přes GSM síť . Modul umožňuje šifrování dat v bezpečném prostředí (např. HTTPS a PKI). Rychlost zpracování dat zajišťuje procesor ARM7 a 1,7 MB Flash paměť. Modul je schválen podle FTA (Full type approval) a má mezinárodní schválení od všech velkých mobilních operátorů podle standardů R&E, FCC, UL, IC, GCF, a PTCRB.


Obr. 2: Pohled na terminál TC65

TC65 terminál je kompaktní GSM modem pro přenos dat, hlasu, SMS a faxů v GSM sítích. Průmyslové standardní rozhraní a integrované čtečky SIM karty dovoluje jednoduché použití TC65 terminálu jako GSM terminál. Funkčnost terminálu souvisí s vlastnostmi TC65 modulu a s jeho rozšířenou teplotní škálou je perfektní zařízení stojící jako sofistikovaná M2M řešení. [10]

Obr. 3: Pohled na přední stranu



Obr. 4: Pohled na zadní stranu

### 8.1 Hlavní vlastnosti modulu TC65

- Quad-band GSM technologie (pásma 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz)
- JavaTM (J2METM profile IMP2.0)
- GPRS, Class 12
- TCP/IP stack via AT příkazy, 2x UART, USB 2.0, I2C sběrnice, 10x GPIO
- procesor ARM7 s vysokým výkonem, paměť: 400 kbyte (RAM), 1,7 Mbyte (Flash)
- Zvýšený pracovní rozsah teplot
- vyhovuje RoH

### 8.2 Technické požadavky

- terminál TC65
- Počítač s win2000, winXP
- 1,8V nebo 3V SIM kartu
- 8 až 30V napájecí zdroj
- RS-232 kabel
- UART schopný datových sazeb až do 460800 počtů bitů za sekundu
- RF anténa
- zvukový mikrotelefon
- Terminálový program k ovládání

### 8.3 Popis rozhraní

- GPIO micro Mate-N-LOK konektor pro GPIO, I2C, SPI, ADC
- 9 pinová sériová zástrčka RS-232
- SMA konektor na připojení antény
- On/Off tlačítko
- 4 pinová zásuvka pro zvukové rozhraní
- držák SIM karty
- 6 pinová zásuvka pro napájení

### 8.4 Vstupně výstupní rozhraní

Přes GPIO konektor jsou k dispozici tyto funkce a rozhraní:

- programovatelné GPIO
- I2C sběrnice
- SPI rozhraní

- dva analogové vstupy
- napájení
- záložní napájení
- vypínač terminálu

Celková délka vodičů pro I2C a SPI rozhraní by neměla přesahovat 150mm.

### 8.5 Rozhraní RS-232

Sériové rozhraní TC65 Terminálu je vyvinuto pro komunikaci mezi GSM jednotkou a hostující aplikací. Toto rozhraní je datové a je kontrolní rozhraní pro přenos dat, AT příkazy a poskytnutí vícenásobných kanálů.

### 8.6 Anténa

Pro odesílání a přijímání dat, je nutné připojit externí RF anténu k SMA konektoru, která je uvnitř připojena k RF signálu od GSM modulu. Doporučená anténa musí být připojena aby bylo dosaženo optimálního RF výkonu.

### 8.7 Audio rozhraní

Audio rozhraní poskytuje jeden analogový vstup pro mikrofon a jeden analogový výstup pro sluchátka. Audio rozhraní může být konfigurováno pomocí AT příkazů.

- Mikrofonní vstup a sluchátkový výstup jsou vyvážené.
- Pro elektretový mikrofon je implementován napájecí zdroj.
- Vlastnosti podpory mikrofonu jsou optimalizovány pro doporučený Votronic mikrotelefon.

### 8.8 Napájení

Napájecí zdroj musí být stejnosměrný s napětím od 8V do 30V, schopný poskytnout maximální proud 2A při 12V v průběhu aktivního přenosu. Napětí nesmí klesnout pod 3,2V. Terminal je chráněn před převrácením napájecího napětí a přetížení.

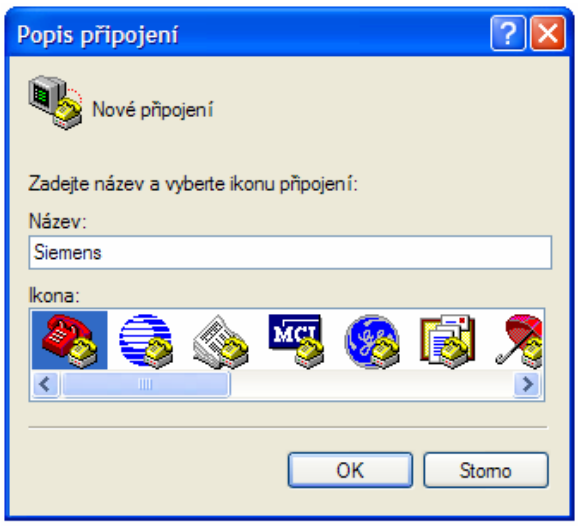
### 8.9 SIM

SIM rozhraní je konstruováno pro 3V a 1,8V SIM karty. Při odejmutí nebo vložení SIM karty v průběhu zpuštění se vyžaduje restartování aplikace.

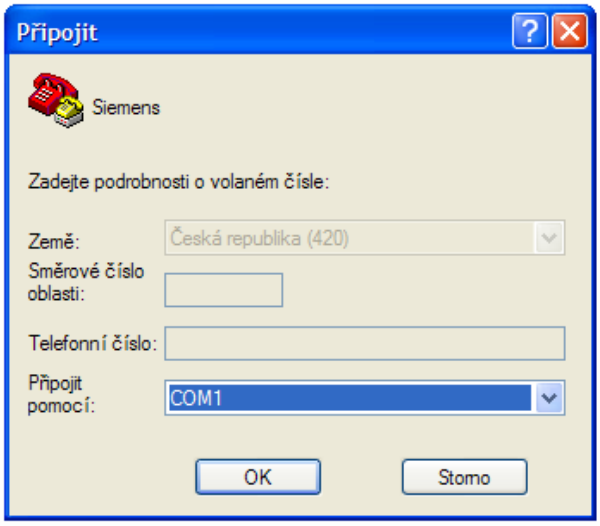
# 9. Hyperterminál

Hyperterminál je komunikační nástroj pro konfiguraci síťových zařízení připojených přes sériový COM port. Hyperterminál odvozuje svůj název od dnes již poměrné zastaralé ale stále často využívané funkce terminálu. Tato funkce spočívá v tom, že připojený počítač emuluje (napodobuje) aplikaci „hostitelského“ (připojeného) počítače. Terminál je obecně velmi pomalý, je ale spolehlivý i v nejrůznějších smíšených prostředcích a dokáže bezproblémově přenášet zprávy i soubory. Pokud by hyperterminál nepracoval tak jak má, je možné použít místo něho další obdobné programy, postavené na komunikaci s okolím, třeba terminál, který lze stáhnou přímo z internetu.

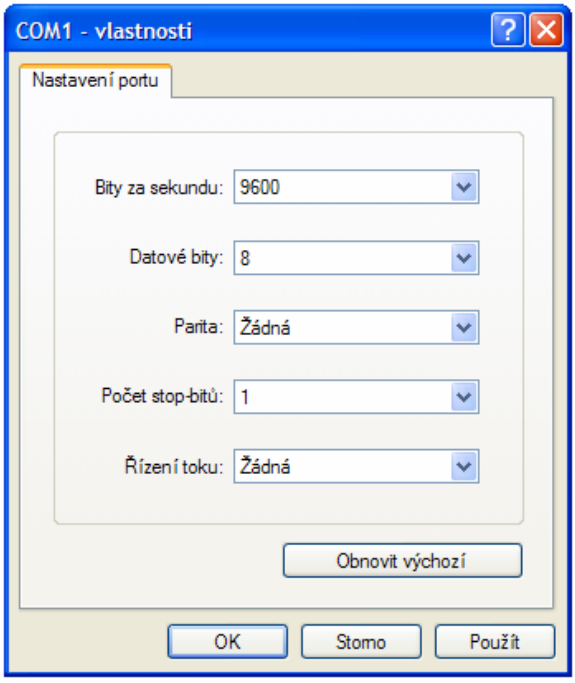
Program spustíme (Nabídka Start - Programy - Příslušenství - Komunikace - Hyperterminál nebo přes příkazový řádek a hypertrm). Po spuštění se nám objeví okno podle obr. 5, ve kterém zadáme název a vybereme ikonu připojení. V dalším okně na obr. 6 je upřesnění připojení, kde vybereme číslo sériového portu, přes který se budeme připojovat k Siemensu TC65. Na obr. 7 je upřesnění portu, kde nastavíme rychlost, počet bitu a paritu. V otevřeném okně na obr. 8 programu hyperterminál můžeme již komunikovat s modulem.



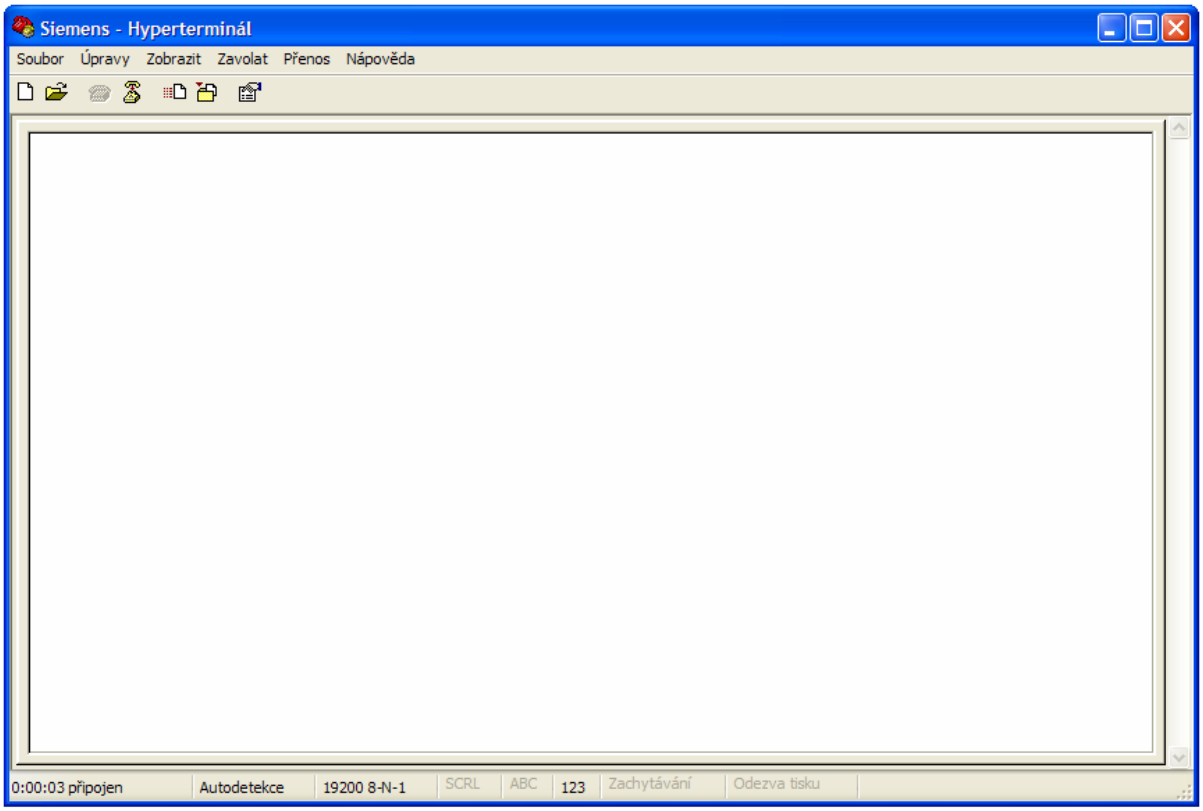

Obr. 5: Popis připojení




Obr. 6: Upřesnění připojení




Obr. 7: Upřesnění portu




Obr. 8: Hyperterminál

# 10. RS-232

Standard RS-232, resp. jeho poslední varianta RS-232C z roku 1969, (také sériový port nebo sériová linka) se používá jako komunikační rozhraní osobních počítačů a další elektroniky. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení, tzn. že jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně za sebou (v sérii) po jediném vodiči, podobně jako u síťové technologie Ethernet nebo rozhraní USB.

V současné době se v oblasti osobních počítačů od používání sériového rozhraní RS-232 již téměř definitivně ustoupilo a to bylo nahrazeno výkonnějším Univerzálním sériovým rozhraním (USB). Existuje však převodník, který převede signály s RS-232 na USB. Nicméně v průmyslu je tento standard, především jeho modifikace – standardy RS-422 a RS-485, velice rozšířen a pro své specifické rysy tomu tak bude i nadále. Na rozdíl od komplexnějšího USB, standard RS-232 pouze definuje, jak přenést určitou sekvenci bitů a nezabývá se už vyššími vrstvami komunikace. V referenčním modelu ISO/OSI tak představuje pouze fyzickou vrstvu. [7]

### 10.1 Napěťové úrovně

RS 232 používá dvě napěťové úrovně. Logickou 1 a 0. Log. 1 je někdy označována jako „marking state“ nebo také klidový stav, Log. 0 se přezdívá „space state“. Log. 1 je indikována zápornou úrovní, zatímco logická 0 je přenášena kladnou úrovní výstupních vodičů. Povolené napěťové úrovně jsou uvedeny v tab. 2.

Nejběžněji se pro generování napětí používá napěťový zdvojovač z 5V a invertor. Logické úrovně jsou potom přenášeny napětím +10V pro log. 0 a –10V pro log. 1. [7]

| **Úroveň** | **Vysílač** | **Přijímač** |
|---|---|---|
| Logická 0 | +5V až +15V | +3V až +25V |
| Logická 1 | -5V až -15V | -3V až -25V |
| Nedefinováno | — | -3V až +3V |

Tab. 2: Napěťové úrovně

### 10.2 Parita

Parita je nejjednodušší způsob, jak bez nároků na výpočetní výkon zabezpečit přenos dat. Ve vysílacím zařízení se sečte počet jedničkových bitů a doplní se paritním bitem tak, aby byla zachována předem dohodnutá podmínka sudého, nebo lichého počtu jedničkových bitů.

Sudá parita - Počet jedničkových bitů + paritní bit = sudé číslo

Lichá parita - Počet jedničkových bitů + paritní bit = liché číslo

Space parity - Tzv. nulová parita – paritní bit je vždy v log. 0, používá se například při komunikaci s 7. bitového zařízení s 8. bitovým, kdy paritní bit nahrazuje tvrdou log. 0 poslední bit v byte, tím je zachována kompatibilita s 8. bitovým přenosem.

Mark parity - Paritní bit je nastaven tvrdě na log. 1, při kompenzaci 7. Bitového provozu je třeba jej na přijímací straně nulovat, jinak není kompatibilní s ASCII. [7]

### 10.3 Handshaking

Potvrzení příjmu a zahájení přenosu na úrovni hardwarového nebo softwarového rozhraní.

Hardwarový handshaking :

- Přenos od vysílače k přijímači, že vysílač má připravena platná data k odeslání.
- Přenos od přijímače k vysílači, že přijímač je schopen data zpracovávat.

Softwarový handshaking:

probíhá na úrovni komunikačních protokolů (ZMODEM, KERMIT...) pomocí běžného datového kanálu si přijímač vysílači sdělí, zda je schopen data přijímat a zpracovávat data. Dos/BIOS v počítačích PC používá pro SW handshaking znaky v Ascii tabulce XON/XOF. Je-li však potřeba v toku dat znaky XON/XOF vyslat je nutné vyslat speciální sekvenci znaků, což samozřejmě přenos dat obsahujících převážně tyto znaku značně zpomalí. [7]

### 10.4 Synchronní a asynchronní přenos

Synchronní přenos informací znamená, že na nějakém vodiči, nebo vodičích se nastaví určitá úroveň, která přenáší informaci a validita informace se potvrdí impulsem, nebo změnou úrovně synchronizačního signálu. Synchronizačním signálem se tedy informace kvantují. [7]

Základní vlastnosti synchronního přenosu :

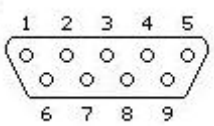
- Výhodné pro velké objemy dat, přenášené po více vodičích.
- Nutno jednoznačně určit kdo vysílá synchronizační impulsy
- Možno použít spojitě proměnnou rychlost přenosu, například podle poměru chybovosti.
- Nutnost synchronizačního vodiče „navíc“ – v podstatě „nepřenáší žádnou informaci“
- Na straně zařízení nepotřebuje nijak složitou elektroniku..

Asynchronní přenos dat přenáší data v určitých sekvencích. Data jsou přenášena přesně danou rychlostí a uvozena startovací sekvencí, na kterou se synchronizují všechna přijímací zařízení. Všechny strany obsahují vlastní přesný oscilátor,díky kterém odečítají data v přesně definovaných intervalech. Po ukončení sekvence je další příjem opět synchronizován startovní sekvencí. [7]

Základní vlastnosti asynchronního přenosu :

- Nevýhodné pro velké objemy dat, ale vhodné pro dlouhá vedení, na nichž by synchronizační vodič činil nezanedbatelné finanční náklady.
- Lze použít pro komunikaci mezi mnoha zařízeními..
- Nutno definovat jednoznačně přenosové rychlosti, změnu rychlosti je třeba ošetřit softwarovou sekvencí, která přiměje počítač změnit hardwarově přenosovou rychlost…
- Celkem složitá a drahá elektronika, nutno použít krystalové oscilátory…
- Až o 20% menší přenosová rychlost užitečných dat při stejné rychlosti komunikace, vzhledem k nutnosti startovacích a paritních bitů.

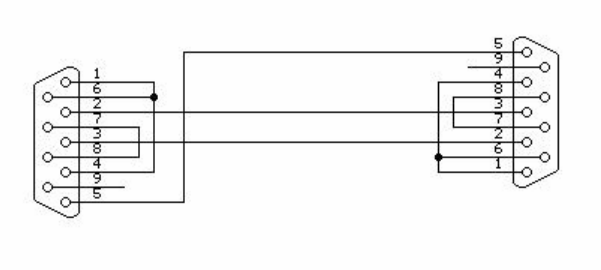
### 10.5 Popis zapojení



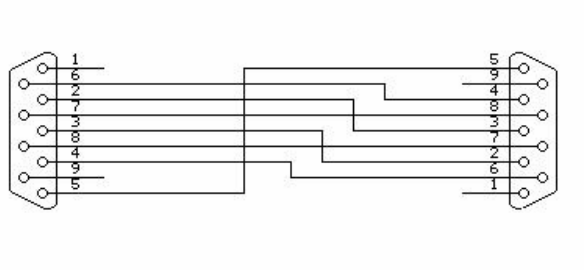

Obr. 9: Schéma vývodu

| Pin | Název | Směr | Popis |
|---|---|---|---|
| 1 | CD | ← | Příznak přenosu (Carrier Detect ) |
| 2 | RXD | ← | Příjmaná data (Receive Data) |
| 3 | TXD | → | Vysílaná data (Transmit Data) |
| 4 | DTR | → | Připravenost vysílat data (Data Terminal Ready) |
| 5 | GND | — | Systémová zem (System Ground) |
| 6 | DSR | ← | Připravenost přímat data (Data Set Ready) |
| 7 | RTS | → | Požadavek přenosu (Request to Send) |
| 8 | CTS | → | Smazání přenosu (Clear to Send) |
| 9 | RI | ← | Kruhový indikátor (Ring Indicator) |

Tab. 3: Popis vývodu



Obr. 10: Asynchronní přenos bez Handshake



Obr. 11: Synchronní přenos s Handshake

### 10.6 Délka vedení

Standard RS 232 uvádí jako maximální možnou délku vodičů 15 metrů, nebo délku vodiče o kapacitě 2500 pF. To znamená, že při použití kvalitních vodičů, lze dodržet standard a při zachování jmenovité kapacity prodloužit vzdálenost až na cca 50 metrů. Kabel lze také prodlužovat při snížení přenosové rychlosti, protože potom bude přenos odolnější vůči velké kapacitě vedení. Uvedené parametry počítají s přenosovou rychlostí 19200 bd. Texas Instruments uvádí jako výsledek pokusných měření následující délky vodičů / přenosovým rychlostem. Vzhledem k „laboratorním“ podmínkách tohoto měření je třeba brát tyto údaje pouze jako orientační. V praxi je třeba počítat s rušením atd.

| **Přenosová rychlost [Bd]** | **Maximální délka [m]** |
|---|---|
| 19 200 | 15 |
| 9 600 | 150 |
| 4 800 | 300 |
| 2 400 | 900 |

Tab. 4: Délka vedení

# 11. AT příkazy

Metodu AT příkazů aplikovala poprvé firma Hayes. Jde o soubor příkazů začínajících vždy prefixem AT (attention), které umožňují např. nastavovat parametry modemu, řídit navazování, udržování a rušení spojení v telefonní síti atp. Základní AT příkazy převzaly i jiné firmy. Obecně však soubor AT příkazů není standardizován, takže pro určitý modem platí pouze ty AT příkazy, které jsou uvedeny v návodu k použití.

AT příkazy mohou mít 3 základní podoby:
Test AT příkazu, zda telefon příkazu rozumí je AT+<příkaz>=? <CR>
Načtení nastavených hodnot z telefonu AT+<příkaz>? <CR>
Zápis dat nebo hodnot do telefonu AT+<příkaz>=<parametr> <CR>

Zkratka AT je začátek příkazu, <příkaz> doplníme podle požadovaného povelu, <parametr> se zadává pouze v případě, požaduje-li to příkaz pro nastavení nebo zápis dat a <CR> je potvrzení příkazu klávesou ENTER. Při komunikaci z procesoru se potvrzení <CR> nahradí znakem 0Dh respektive $0D.

Nejjednodušším AT příkazem je samotná dvojice znaků AT (AT příkaz se ukončuje Enterem); odpovědí telefonu na správně zadaný a provedený AT příkaz je OK. Špatně zadané příkazy jsou ignorovány, pokud jsou v příkazu zadány jen nesprávné parametry, telefon odpoví ERROR. Pokud mobilní telefon takto komunikuje, je vše v pořádku a můžeme pokračovat v dalším zkoumání. V níže uvedené tabulce naleznete soupis nejčastěji používaných příkazů a příklad odpovědí na ně. [8]

Siemens TC65 posílá tyto zprávy:
OK, RING, NO CARRIER, ERROR, NO DIALTONE, BUSY, CONNECT.

### 11.1 Základní AT příkazy

AT příkazu je velké množství a tady je uvedena jen malá část, která je využívána v našem zařízení nebo pomocí kterých si můžeme vyzkoušet funkčnost komunikace s modulem TC65.

AT - Kontrola komunikace s telefonem
AT <CR>
OK

A/ - Opakování posledního příkazu

A/ <CR>

odpověď podle posledního AT příkazu

ATD – Vytočení telefonního čísla

ATD(telefonní číslo); <CR>

OK

ATA - Vyzvednutí hovoru

ATA <CR>

OK

ATH - Ukončení hovoru

ATH <CR>

OK

AT+CGMI - Výrobce telefonu

AT+CGMI <CR>

OK

AT+CGMM - Model telefonu

AT+CGMM <CR>

OK

AT+CGMR - Verze telefonu

AT+CGMR <CR>

OK

AT+CGSN - IMEI telefonu

AT+CGSN <CR>

OK

AT+COPS - Síťový operátor

AT+COPS? <CR>

OK

AT+CCLK - Hodiny

AT+CCLK <CR>

+CCLK: YY/MM/DD,HH:MM:SS

OK

AT+CPBS - Výběr paměti telefonního seznamu

AT+CPBS? <CR>

OK

+CPBS: (sto)

(sto)

"FD" = seznam volání na SIM

"SM" = telefonní seznam na SIM

"ME" = telefonní seznam v telefonu

"DC" = seznam volání

"ON" = seznam na SIM nebo v telefonu

"LD" = seznam posledního volání na SIM

"MC" = seznam v telefonu, ztracený volání

"RC" = seznam v telefonu, příjem volání

AT+CPBR - Čtení čísla z telefonního seznamu

AT+CPBR=? <CR>

+CPBR: (index),(nlenght),(tlenght)

OK

index - číslo umístění

nlenght - max. délka telefonního čísla

tlenght - max. délka textu k telefonnímu číslu

AT+CPBW - Uložení čísla do telefonního seznamu

AT+CPBW=? <CR>

+CPBW: (index),(nlenght),(type),(tlenght)

OK

index - číslo umístění

nlenght - max. délka telefonního čísla

tlenght - max. délka textu k telefonnímu číslu

AT+CLIP

Zapne zobrazování telefonního čísla příchozího hovoru.

AT+CLIP=1<CR>

Při příchozím hovoru to potom vypadá takto:

RING

+CLIP: "+420602123456",145,,,,0

Při zadání čísla "0" v příkazu se zobrazování čísla příchozího hovoru vypne.

ATE

Zapíná a vypíná echo z MT.

Zapnuté echo znamená že při zadání povelu do MT se vám před potvrzením vrátí i zadaný příkaz. Defaultně je echo zapnuté. Příklad vypnutí echa:

ATE0<CR>

Echo se zapne pokud do příkazu zadáte jedničku.

### 11.2 Zadání kódu PIN

Stav požadavku na PIN kód karty zjistíme příkazem AT+CPIN?. Modem odpoví buď +CPIN: READY, nebo +CPIN: SIM PIN, pokud potřebuje zadat PIN kód. Pokud jsme více než třikrát zadali špatný PIN, tak se karta zablokuje, bude vyžadovat kód PUK a modem bude hlásit +CPIN: SIM PUK.

PIN kód zadáme příkazem AT+CPIN=<pin>. Modem nahlásí OK, pokud jsme ho zadali správně, nebo ERROR, pokud jsme zadali špatný kód. Změnu PIN kódu provedeme příkazem AT+CPIN=<pin>[,<new pin>], kde zadáme současný PIN kód a hned nový, který se přepíše. [9]

### 11.3 Registrace do sítě

Před začátkem komunikace musíme zajistit, aby byl modem správně zaregistrován v síti GSM. Pokud jsme právě zadali PIN kód, tak chvilku trvá, než se modem do sítě zaregistruje. Jinak také může registraci ztratit např. z důvodu špatného signálu. Stav registrace v síti zjistíme příkazem AT+CREG?. Modem odpoví +CREG: x,y, kde x je 0, pokud je zakázáno automatické hlášení změny registrace a y je stav registrace. Nabývá těchto hodnot: 0, pokud modem není registrován a nehledá nového operátora (v tomto stavu se pravděpodobně nezaregistruje), 1 pokud je zaregistrován v domácí síti, 2

pokud probíhá registrace, 3, pokud se registrace nepodařila, 4 pro neznámý stav a 5 pro roaming. Pro začátek nám stačí sledovat stavy 1 a 2, ostatní se příliš často nevyskytují.

Pokud nás zajímá ještě kvalita signálu, zadáme AT+CSQ. Modem odpoví +CSQ: aa,bb, kde aa je úroveň přijmu a nabývá hodnot 0 (nejhorší) až 31 (nejlepší), nebo 99 pokud nemohla být změřena. Další parametr, bb je četnost bitových chyb. Může být zjištěna pouze při hovoru, v ostatních případech vykazuje hodnotu 0 nebo 99 podle SIM karty. Pokud mohla být změřena, nabývá hodnot 0 až 7.

V tomto stavu by GSM modem měl být správně nastaven a připraven. Můžeme tedy přejít k odesílání, nebo přijmu zpráv. [9]

### 11.4 Režimy Obsluhy SMS

Pro obsluhu sms zpráv se využívají dva různé režimy, textový a PDU (Protocol Data Unit) režim. Většina moderních GSM modemů umožňuje využívat oba, dříve to tak však nebylo. Textový režim je na obsluhu jednodušší, má však několik nevýhod, které PDU celkem snadno vyřeší. V tomto režimu je však sms zpráva reprezentována jako „balík“ dat o pevně definovaném formátu, který není na první pohled příliš čitelný a jeho implementace může ze začátku přinášet problémy. Text zprávy se přijímá nebo posílá jako text o 160 znacích nebo je převeden na 7-mi bitové kódování a zpráva se tak zmenší na max. 140 znaků.

Režim práce s sms se volí příkaze AT+CMGF (message format). PDU režim zapneme příkazem AT+CMGF=0, textový zapneme AT+CMGF=1. Aktuálně nastavený režim zkontrolujeme příkazem AT+CMGF? a režimy, které je modem schopen využívat zjistíme pomocí AT+CMGF=?.

PDU režim je tedy značně nečitelný. Ze zprávy v PDU režimu je možné celkem snadno rozluštit telefonní čísla, od páté pozice je uloženo číslo sms centra, přes které byla zpráva odeslána, tj. +420603052000 (číslice jsou vždy po dvou prohozeny) a o něco dále je adresa odesílatele. Text zprávy je však z úsporných důvodů uložen pomocí sedmibitového kódováni, takže je pro člověka nesrozumitelný. Tento režim má však jednu zásadní výhodu. Má stanovenou délku zprávy, můžeme tedy bez problémů určit, kde opravdu zpráva končí. Navíc se v jejím textu nemůže objevit sekvence OK, která obvykle znamená úspěšné ukončení AT příkazu a některým zařízením, která obsluhují GSM modemy v textovém režimu, spolehlivě způsobí problémy. [9]

### 11.5 Znakové sady

Problémy při implementaci také mohou vzniknout, protože GSM modemy standardně nepoužívají ASCII znakovou sadu! Standardní znakovou sadou je tzv. GSM default alphabet, definovaná v GSM 03.38. Tato obsahuje 127 znaků. Jedním z největších problémů však je, že znak

„@“ má v této znakové sadě hodnotu 0. Pro programy psané v C to může mít katastrofální důsledky. Také, pokud si zobrazíte přijatou sms zprávu např. v Hyperterminálu, tak se znak @ nezobrazí. Navíc mohou vzniknout problémy při softwarovém řízení toku, protože znaky XON a XOFF budou vyhodnoceny jako normální znaky. Trochu si můžeme pomoct, pokud nastavíme znakovou sadu UCS2. Pak budou znaky reprezentovány jako šestnáctibitové číslice v hexadecimálním formátu. Vyhneme se sice předchozím problémům, ale poněkud si zhoršíme čitelnost zpráv.

Znakové sady implementované v GSM modemu zjistíme příkazem AT+CSCS=?, aktuálně nastavenou příkazem AT+CSCS? a zvolenou nastavíme např. AT+CSCS=“GSM“, nebo AT+CSCS=“UCS2“. Tím jsme se některým problémům vyhnuli, ale lepším řešením bude využití PDU módu, kde veškeré znaky v sms zprávě jsou kódována jako číselná data. [9]

### 11.6 Výběr paměťové prostoru

Zprávy SMS mohou být v mobilních telefonech uloženy v několika různých paměťových prostorech (SM – SIM karta, ME – paměť telefonu, MT – kombinace obou předchozích). Skutečný počet a velikost jsou však dány typem telefonu. Operace, které lze provádět se zprávami, jsou rozděleny do tří skupin: čtení zpráv a jejich mazání, zapisování zpráv a jejich odesílání do sítě a ukládání zpráv po přijetí. Každé ze tří vyjmenovaných skupin operací lze přiřadit paměťový prostor, se kterým pak operace z dané skupiny přednostně pracují.

Výběr paměťového prostoru volíme příkazem AT+CPMS. Aktuálně vybraný paměťový prostor zkontrolujeme příkazem AT+CPMS? a možnosti, které je možné využívat zjistíme příkazem AT+CPMS=?. Samotný výběr pak volíme příkazem AT+CPMS=“xx“,“yy“,“zz“

V obou případech je v odpovědi telefonu uveden seznam tří položek oddělených čárkami, přičemž první položkou je seznam paměťových prostorů, které lze použít pro operace z první skupiny (čtení, mazání), druhou položkou je seznam prostorů použitelných pro operace druhé skupiny (zapisování, odesílání) a poslední položkou je seznam prostorů, kam mohou být ukládány přijaté zprávy SMS. Pro zjištění konkrétní konfigurace přiřazení paměťových prostorů operacím lze použít příkaz ve formě pro čtení (AT+CPMS?). Odpověď vypadá třeba takto:

*AT+CPMS?*
*+CPMS: "MT",4,40,"ME",4,25,"MT",4,40*
*OK*

Doplněné číselné údaje znamenají počet momentálně uložených zpráv a kapacitu paměťového prostoru, tj. kolik zpráv maximálně může být v prostoru uloženo. Všechny zprávy SMS jsou uloženy v jednotlivých paměťových prostorech na pozicích, které jsou opatřeny číselnými indexy 1, 2, ... N, kde

N je kapacita paměťového prostoru. Je-li přijata nová zpráva, je uložena do příslušného prostoru na co nejnižší neobsazenou pozici a tato pozice je pak touto zprávou obsazena, dokud zpráva není smazána (nebo přesunuta).

### 11.7 Seznam zpráv uložených v paměti

Seznam zpráv uložených v paměti lze vypsat příkazem AT+CMGL. Zadáme-li telefonu jeho testovací formu (AT+CMGL=?), telefon odpoví seznamem možností, kterými lze upřesnit prováděcí formu příkazu. V tomto případě je upřesněním číselná specifikace typu zpráv, které má seznam obsahovat. Číselný kód 0 znamená zprávy přijaté, nepřečtené, kód 1 znamená přijaté, přečtené, 2 je pro uložené, neodeslané, 3 pro uložené, odeslané a kód 4 je pro všechny zprávy. Ve výpisu zpráv je pro každou zprávu uveden index pozice, typ zprávy (0..3), délka tzv. PDU zprávy a vlastní PDU zprávy, což je řetězec párů hexadecimálních cifer, ve kterém je zakódováno několik dalších parametrů zprávy a také její vlastní text.

Příklad výpisu zprávy v PDU formátu:

*AT+CMGL=4*

*+CMGL: 1,0,,23*

*07912460305002000 40C91241032547698000001302091942440045A62500A*

V tomto případě bylo požádáno o výpis všech uložených zpráv. Odpovědí je seznam, v němž je jedna zpráva SMS, která je uložena na pozici 1, je přijatá, nepřečtená a má délku 23 bytů. Kdybychom stejný příkaz zopakovali ještě jednou, bude výsledný seznam shodný až na typ první zprávy, i uvedení zprávy ve výpisu se považuje za přečtení zprávy. Jednu vybranou zprávu lze vypsat příkazem AT+CMGR, kde je nutno jen doplnit index pozice, ze které chceme zprávu přečíst. Čtení z neobsazené pozice je formálně také možné, v odpovědi je pak oznámena nulová délka zprávy a zcela chybí řádek s PDU. Pokud chceme vypsat zprávy uložené v paměti v textovém režimu, nebude fungovat číslo specifikace typu zpráv ale pouze jediný příkaz a to AT+CMGL, který nám zobrazí pouze nepřečtené zprávy, v ostatních případech pošle ERROR.

Příklad výpisu zprávy v textovém formátu:

*AT+CMGL*

*+CMGL: 1,"REC UNREAD","+420123456789",,"10/04/10,16:32:34+08"*

*Text zprávy.*

### 11.8 Poslání SMS zprávy

Poslání SMS zprávy v PDU režimu:

*AT+CMGF=0*

*AT+CMGS=18*

*>*

*07912460305002001100C91241032547698000A80461F45B0D*

*>*

*+CMGS: 1*

*OK*

Poslání SMS zprávy v textovém režimu:

*AT+CMGF=1*

*AT+CMGS=123456789*

*>*

*Text zprávy.*

*>*

*+CMGS: 1*

*OK*

### 11.9 Uložení SMS zpráv do paměti

Zprávy lze ukládat buď s telefonním číslem nebo bez telefonního čísla pomocí příkazu AT+CMGW. Pro ukládání zprávy s telefonním číslem bude vypadat tvar takto:

*AT+CMGW="+420123456789"*

*Text zprávy.*

*+CMGW: 7*

*OK*

*AT+CMGW*

*Text zprávy.*

*+CMGW: 8*

*OK*

Pokud ukládáme zprávu s telefonním číslem, zapíšeme jej za příkaz a zpráva bude uložena v našem případě na pozici 7. Ukládáme-li zprávu bez čísla, použijeme jen samotný příkaz a zpráva se automaticky uloží na další volné místo, v našem případě na pozici 8.

### 11.10 Posílání SMS zpráv z paměti

Příkazem AT+CMSS lze poslat zprávy, které jsou již uložené s telefonním číslem nebo bez něho. V obou případech musíme vybrat číslo pozice, na kterých se nachází uložené zprávy. Zpráva u které není uložené číslo doplníme ještě číslem.. Toto číslo má přednost i před zprávou uloženo s telefonním čísle.

*AT+CMSS=9*
*OK*

*AT+CMSS=10,+420123456789*
*OK*

### 11.11 Mazaní zpráv

Mazat zprávy v paměťovém prostoru lze zapisovací formou příkazu AT+CMGD. Jediným parametrem je index pozice, která má být uvolněna. Např. smazání zprávy SMS z pozice 3 se provede takto:

*AT+CMGD=3*
*OK*

### 11.12 Nastavení rychlosti přenosu dat

Chceme-li si nastavit svoji vlastní rychlost, je třeba nejprve povolit zápis a to pomoci příkazu AT+ILRR. Povolení zápisu zapneme příkazem AT+ILRR=1 a zakázání zápisu příkazem AT+ILRR=0. Aktuálně nastavený režim zkontrolujeme příkazem AT+ILRR? a režimy, které je modem schopen využívat zjistíme pomocí AT+ILRR=? Nastavíme tedy povoleni zápisu a můžeme si nastavit svojí vlastní rychlost přenosu.

K nastavení rychlosti slouží příkaz AT+IPR. Aktuální nastavenou rychlost zjistíme příkazem AT+IPR? a možnosti nastavení přenosové rychlosti příkazem AT+IPR=?.

*AT+ILRR=1*
*OK*
*AT+IPR=2400*
*OK*

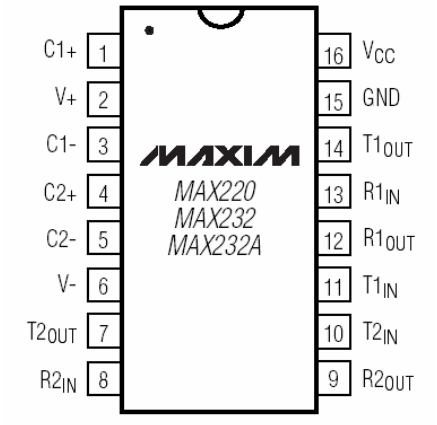
Přenosová rychlost udává, jaký objem informace se přenese za jednotku času. Základní jednotkou přenosové rychlosti je bit za sekundu (bit/s, b/s, nebo anglicky bps = bits per second). Jednotka udává, kolik bitů informace je přeneseno za jednu sekundu. Siemens TC 65 komunikuje s těmito přenosovými rychlostmi: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800. Nová přenosová rychlost je uložena v paměti modulu a stává se aktivní i po restartování.

# 12. Komunikace modulu s mikropočítačem

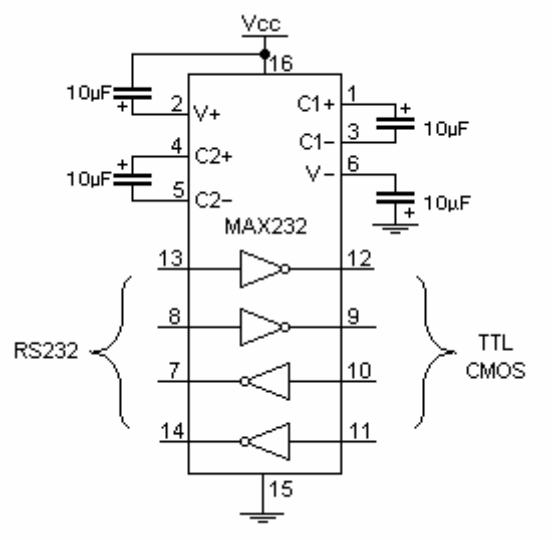
Komunikace mezi modulem a mikropočítačem probíhá po sériové lince RS-232. Modul TC65 je přizpůsoben k propojení z počítačem. Pokud ho chceme připojit k mikropočítači, musíme použít převodník úrovní z RS-232 na TTL. Nejznámější a nejrozšířenější převodník úrovní je MAX232, kterému stačí pouze jeden zdroj napětí a to +5V, nikoli +15, -15 a 5V jako některé jiné převodníky.

### 12.1 MAX 232

Jedná se o převodník TTL na RS232. Obsahuje dvě dvojice oddělovačů konvertujících napěťové úrovně. Napětí pro RS232 se získává pomocí nábojové pumpy a výstupní napětí proto značně závisí na kvalitě použitých kondenzátorů, která u elektrolytických kondenzátorů časem značně klesá. Napětí je možno získat na pinech 2 a 6 a použít pro další obvody. Obvod funguje vždy na první zapojení. Maxim vyrábí i verze s minimální externí kapacitou – (MAX 232A – 0,1 uF) nebo verze pracující v rozsahu 7,5 – 13 V (určeno pro bateriové aplikace) – MAX 201 a MAX 231. Specialitou firmy MAXIM jsou obvody MAX 203 a MAX 233 které dokáží pracovat úplně bez potřeby vnějších kondenzátorů.




Obr. 12: Popis pinu pouzdra

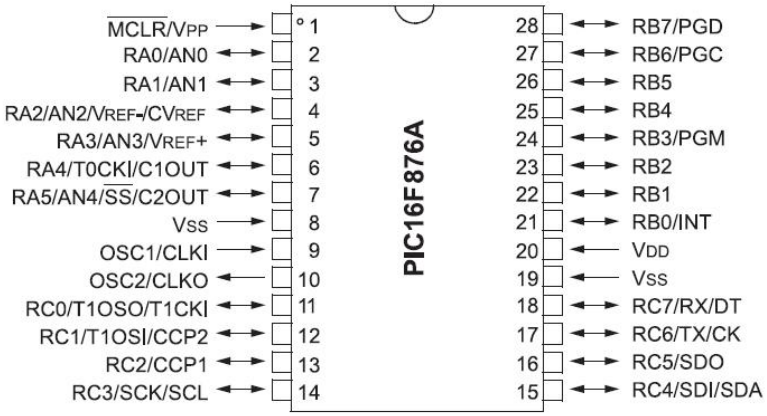



Obr. 13: Vnitřní zapojení obvodů

### 12.2 PIC16F876A

Mikroprocesor PIC16F876 patří do rodiny PIC16CXX. Jsou to univerzální 8-mi bitové jednočipové mikrokontroléry. Všechny tyto řadiče jsou vyrobeny technologií CMOS a jsou založeny na rozšířené architektuře RISC (Reduced Instruction Set). Mají oddělenou programovou a datovou

paměť (Harvardská architektura). Vnitřní systém redukuje nutnost připojení externích obvodů na minimum, čímž zlevňuje konečné aplikace. Mikrokontrolér má 3 porty PORTA, PORTB a PORTC (22 vývodů). Porty se dají nastavit v registrech TRISA - TRISC jako vstupní nebo výstupní podle požadavku programu. [11]




Obr. 14: Rozložení vývodu

### 12.3 Teplotní čidlo SMT 160-30

Součástka SMT160-30 je třísvorkový integrovaný senzor teploty s výstupním signálem ve tvaru impulsní šířkové modulace. Dvě svorky jsou určeny pro připojení napájecího zdroje 5V a na třetí je k dispozici výstupní signál. Impulsní šířková modulace (modulace střídy impulsu) je použita proto, aby výstupní signál byl převeditelný do číslicové formy i bez zapojení převodníku A/Č a jednoduše připojitelný ke vstupům mikroprocesoru. Přitom zůstává možnost získat z výstupního signálu informaci i v analogové formě (např. měřením střední hodnoty signálu).

Inteligentní senzor teploty generuje výstupní napětí obdélníkového tvaru s odezvou lineárně závislou na měřené teplotě v celém rozsahu od -45C do 130C. Odchylka od linearity je menší 1,2C a pro rozpětí teplot -30 až do +100C klesne na hodnotu menší než 0,2C.

Zdroj výstupního signálu má vlastnosti obdobné jako u obvodů C-MOS a dovoluje připojení kabelu o délce až 20m. Senzor SMT 160-30 je tedy velmi dobře využitelný pro dálkové měření a řízení. Střída impulsního průběhu je snadno měřitelná mikrokontrolérem. Stačí připojit výstup senzoru na jeden ze vstupů mikrokontroléru a jednoduchým programem zjišťovat, zda vstup je na nízké nebo vysoké logické úrovni. Program tedy provádí vzorkování stavu vstupního signálu a rychlost vzorkování (tj. doba mezi sousedními testy stavu vstupního signálu) je omezena dobou výkonu instrukcí mikroprocesoru. [12]

# 13. Postup nastavení

Pro správnou funkci je nutné nastavit modul TC65 a přizpůsobit ho ke komunikaci s mikropočítačem. Poté zbývá jen napsat program, který si bude s modulem TC65 rozumět a o všechno ostatní se starat. Modul TC65 nám bude jen posílat data do sítě GSM, přijímání a odesílání dat (SMS zpráv) bude provádět již samotný mikropočítač na základě AT příkazů.

### 13.1 Modul TC65

Po vložení SIM karty a přihlášením se do sítě, je modul připraven k použití. Propojíme ho nyní z počítačem přes sériovou linku a spustíme nějaký terminál, kterým budeme komunikovat. Napsáním příkazu AT si zkontrolujeme správnost připojení. Pokud jsme předem nezrušili požadavek na PIN kód, příkazem AT+CPIN zadáme PIN kód. Musíme také zjistit, zda-li byl modem správně zaregistrován do sítě a to pomocí příkazu AT+CREG. Jestli je vše v pořádku, můžeme nyní přistoupit k správnému nastavení modulu a připravit ho tak ke komunikaci s mikropočítačem. Vybereme rychlost komunikace, pomoci příkazu AT+IPR. V mém případě je rychlost zvolena na 2400b/s, která je doporučená jako stabilní pro přenosy větších dat. Nyní již můžeme propojit modul TC65 s mikropočítačem. Další nastavování můžeme provést ještě z terminálu nebo pak, pomoci programu, přímo z mikropočítače. Pak je možné si ještě nastavit paměťový prostor, kde budou zprávy SMS ukládány, příkazem AT+ CPMS a textový režim, ve kterém bude probíhat čtení a zápis SMS zpráv příkazem AT+CMGF.

### 13.2 PIC16F876A

Program je psán v assembleru a komunikovat se bude přes sériové rozhraní. Proto musíme povolit modul USART v asynchronním režimu a nastavit stejnou přenosovou rychlost jako u GSM modulu.

```
BSF     RCSTA,7         ;POVOLENI SERIOVEHO PORTU
BSF     RCSTA,4         ;PRIJIMANI POVOLENO
BSF     STATUS,RP0
MOVLW   020H            ;ASYNCHRONNI REZIM SERIOVEHO KANALU
MOVWF   TXSTA
MOVLW   .129            ;RYCHLOST PRENOSU 2400b/s PRI 20MHz
MOVWF   SPBRG
BSF     PIE1,RCIE       ;POVOLENI PRERUSENI OD PRIJMU BYTU
BCF     STATUS,RP0
```

Podprogramem měření budeme měřit aktuální teplotu z čidla, která musí být převedena na střídu výstupního logického signálu.

```
MERENI
CLRF    TMR1H          ;NULOVANI CASOVACE TMR1
MOVLW   005H           ;K VYNULOVANI TMR1 DOJDE NA VZEST. HRANU
MOVWF   CCP1CON
BCF     PIR1,CCP1IF    ;NULOVANI PRIZNAKU OD CCP1
BCF     PIR1,TMR1IF    ;NULOVANI PRIZNAKU OD TMR1
BSF     STATUS,RP0
BCF     PIE1,TMR1IE    ;ZAKAZ PRERUSENI OD CASOVACE TMR1
BSF     PIE1,CCP1IE    ;POVOLENI PRERUSENI OD MODULU CCP1
BCF     STATUS,RP0
BSF     INFO,5         ;INFO, ZE JDE O PRVNI PRERUSENI
BTFSS   INFO,0         ;TEST JESTLI JIZ NEDOSLO K VZEST. HRANE NA RC2
GOTO    $-1

BCF     INFO,5
BCF     INFO,0
MOVLW   004H           ;K ZACHYCENI TMR1 DOJDE NA SESTUPNOU HRANU
MOVWF   CCP1CON
BSF     INFO,6         ;INFO, ZE JDE O DRUHE PRERUSENI
BTFSS   INFO,0         ;TEST JESTLI JIZ NEDOSLO K SEST. HRANE NA RC2
GOTO    $-1

BCF     INFO,6
BCF     INFO,0
MOVLW   005H           ;K ZACHYCENI TMR1 DOJDE NA VZEST. HRANU
MOVWF   CCP1CON
BSF     INFO,7         ;INFO, ZE JDE O TRETI PRERUSENI
BTFSS   INFO,0         ;TEST JESTLI JIZ NEDOSLO K VZEST. HRANE NA RC2
GOTO    $-1

BSF     STATUS,RP0
BSF     PIE1,TMR1IE    ;POVOLENI PRERUSENI OD CASOVACE TMR1
BCF     PIE1,CCP1IE    ;ZAKAZ PRERUSENI OD MODULU CCP1
BCF     STATUS,RP0
BCF     INFO,7
BCF     INFO,0
MOVLW   .250           ;DALSI PRERUSENI NASTANE ZA CCA 2,5ms
MOVWF   TMR1H
CALL    PREPOCET       ;CASY SE PREPOCTOU Z 16 DO 10 SOUSTAVY
MOVF    CISLO1,W
MOVWF   CISLO1Z
MOVF    CISLO2,W
MOVWF   CISLO2Z
MOVF    CISLO3,W
MOVWF   CISLO3Z
RETURN
```

### 13.3 Princip příjmu a posílání SMS

Program vysílá neustále tyto požadavky, kde ATE0 znamená vypnutí echa z modulu TC65, příkazem AT+CMGF=1, nastavíme textový režim zpráv a příkazem AT+CMGL kontrolujeme přijaté zprávy. Po každém dotazu musí přijít potvrzení ve formě OK aby bylo možné pokračovat s příkazy.

*ATE0*
*AT+CMGF=1*
*AT+CMGL*

Dole vidíme text zprávy, která přijde po sériové lince k procesoru. Na prvním místě je zobrazen příkaz, pomoci kterého je zpráva přečtena, hned za ním následuje číslo pozice uložené zprávy, pak informaci, že jde o zprávu nepřečtenou, následuje telefonní číslo, které je nutné zkontrolovat a informace o datu, kdy SMS přišla. Pozice 28 až 36 odpovídá telefonnímu číslu a pozice 62 až 69 odpovídá textu SMS, která je předem dána a má 8 znaku.

*+CMGL: 1,"REC UNREAD","+420123456789",,"02/05/10,18:21:56+08"*
*TEMP=???*

V tomto případě žádáme o poslání aktuální teploty, tvar zprávy je správný a proto bude poslána odpověď. Je třeba opět nastavit textový režim a poté příkaz k odeslání zprávy, za které je vloženo telefonní číslo z paměti procesoru. Následuje předem zadaný tvar zprávy a vložení naměřené hodnoty.

*AT+CMGF=1*
*AT+CMGS=+420604123456*
*TEMP 23,5 C*

### 13.4 SMS zprávy a příkazy

Všechny typy SMS zpráv a příkazu, použité v tomto zařízení jsou napsány v programu, na které se odvoláváme. Zpráv SMS dotazu jsou uloženy v tabulce, z důvodu kontroly správnosti zadaného tvaru. Odpovědi a příkazy jsou uloženy v podprogramech.

Tvar SMS dotazu:

```
ADDWF   PCL,F
RETLW   'T'             ;T
RETLW   'E'             ;E
RETLW   'L'             ;L
RETLW   '='             ;=
RETLW   'N'             ;N
RETLW   'U'             ;U
RETLW   'M'             ;M
RETLW   'B'             ;B
```

Tvar SMS odpovědi:

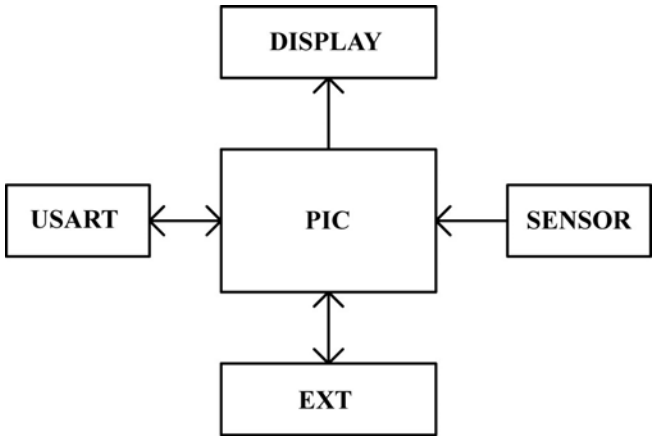
```
MOVLW   'E'             ;POSLANI ZNAKU E
CALL    ODESLAT
MOVLW   'R'             ;POSLANI ZNAKU R
CALL    ODESLAT
MOVLW   'R'             ;POSLANI ZNAKU R
CALL    ODESLAT
MOVLW   'O'             ;POSLANI ZNAKU O
CALL    ODESLAT
MOVLW   'R'             ;POSLANI ZNAKU R
CALL    ODESLAT
MOVLW   01AH            ;POSLANI ZNAKU ENTER
CALL    ODESLAT
```

Tvar příkazu:

```
MOVLW   'A'             ;POSLANI ZNAKU A
CALL    ODESLAT
MOVLW   'T'             ;POSLANI ZNAKU T
CALL    ODESLAT
MOVLW   '+'             ;POSLANI ZNAKU +
CALL    ODESLAT
MOVLW   'C'             ;POSLANI ZNAKU C
CALL    ODESLAT
MOVLW   'M'             ;POSLANI ZNAKU M
CALL    ODESLAT
MOVLW   'G'             ;POSLANI ZNAKU G
CALL    ODESLAT
MOVLW   'L'             ;POSLANI ZNAKU L
CALL    ODESLAT
MOVLW   00DH            ;POSLANI ZNAKU ENTER
CALL    ODESLAT
```

# 14. THERMO2GSM

Pro ověření správné funkce, a to dálkového ovládání spotřebičů přes GSM, bylo po domluvě s mým vedoucím vytvořeno zařízení THERMO2GSM, které dokáže komunikovat pomoci SMS zpráv a informovat nás o aktuálním stavu. Jedná se o digitální teploměr, který je určen pro měření pokojové teploty. Tento princip komunikace lze využít v širších oblastech a ne jen pro domácí účely.

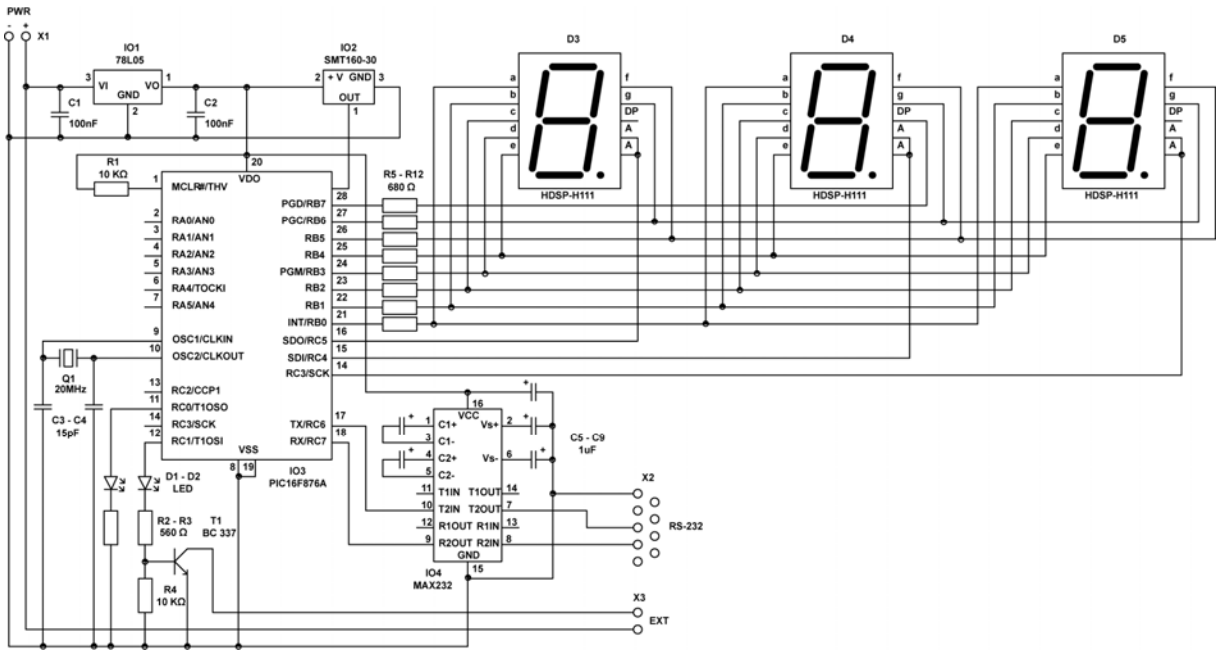



Obr. 15: Blokové schéma

Na obr. 15 máme blokové schéma zařízení THERMO2GSM, které je spojeno s modulem TC65 přes sériové rozhraní. Pro komunikaci se využívají pouze 3 vývody a to RX, TX a GND. Tyto vývody jsou připojeny přes převodník úrovní MAX232 přímo k mikropočítači. Senzor teplotního čidla SMT160-30 měří aktuální teplotu, kterou mikropočítač vypočítá a zobrazí ji na LED displeji. LED displej je 3-místný a zobrazuje pouze kladnou teplotu od 0 °C do 99,9 °C. Měření teploty probíhá každou půl vteřinu. Aby nedocházelo tak k častému problikávání desetinného místa na displeji, jsou měřeny tři hodnoty teploty, udělán aritmetický průměr a výsledek poté zobrazen. Teplota se tak nezobrazuje skokově ale průběžně. Neměří se pouze teplota ale lze ji i řídit pomoci termostatu. Z mikropočítače je vyveden externí konektor, ke kterému je možné připojit relé a spínat tak třeba topení. Zapnutí termostatu je znázorněno svitem zelené LED diody a zapnutím topení, svitem červené LED diody. THERMO2GSM je možné napájet stejnosměrným napětím v rozmezí 5-12V. Vestavěný stabilizátor stabilizuje napětí na 5V, kterým jsou napájeny ostatní obvody.

### 14.1 Popis zapojení

Srdcem celého zařízení je mikropočítač PIC16F876A, který měří teplotu a zobrazuje ji na displeji. Komunikuje z modulem TC65, ve formě AT příkazu pomoci znaku ASCI. Čte přijaté SMS zprávy a podle nich reaguje. Pokud je zpráva ve správném tvaru a telefonní číslo příjemce odpovídá uloženému, tak si zprávu přečte a ihned na ni odpoví. Posílá aktuální teplotu, zapíná a vypíná termostat a zjišťuje aktuální nastavený stav termostatu. THERMO2GSM komunikuje pouze s jedním telefonním číslem, které je zadáno a které lze kdykoli změnit použitím správného příkazu. Na ostatní telefonní čísla nereaguje a přijaté zprávy z jiných čísel hned maže. Umí pracovat s těmito příkazy, TEMP=???, STAT=???, STAT=XXC, STAT=OFF, TEL=NUMB a odpovídá ve tvaru OK, ERROR, naměřenou teplotou a zjištěným stavem termostatu.




Obr.16: Schéma zapojení

### 14.2 Příkazy a odpovědi

Po prvním zpuštění nebude fungovat žádný příkaz, musíme tedy nejprve vložit telefonní číslo, na které nám budou chodit odpovědi. Pro vložení čísla musíme zadat příkaz TEL=NUMB a vyčkáme na potvrzení dotazu ve formě OK. Po potvrzení musíme do 1 minuty zadat telefonní číslo, které se uloží do paměti. Nestihne- li se zadat číslo včas, musí se příkaz opakovat. Po odeslání telefonního čísla, přijde potvrzení OK, kterým se odblokují všechny zbývající příkazy a je možné je využívat. Pokud chceme zjistit aktuální teplotu, pošleme příkaz ve tvaru TEMP=??? a obratem nám přijde

odpověď s aktuální teplotou. Příkazem STAT=??? zjistíme stav termostatu, který je buď vypnutý a přijde odpověď ve tvaru STAT=OFF nebo zapnutý, kde přijde odpověď ve tvaru STAT=XXC, kde XX je teplota na kterou je termostat nastaveny. Jak je již patrné z předchozích příkazu, je možné příkazy STAT=OFF nebo STAT=XXC ovládat nastavení termostatu.

| **Příkaz** | **Odpověď** |
|---|---|
| TEL=NUMB | OK |
| XXXXXXXXX | OK |
| TEMP=??? | TEMP XX,XC |
| STAT=??? | STAT=XXC / STAT=OFF |
| STAT=XXC | OK |
| STAT=OFF | OK |

Tab. 5: Příkazy a odpovědi

### 14.3 Chybová hlášení

Chybová hlášení chodí na telefon ve formě SMS ve tvaru ERROR. Tento tvar SMS zprávy může přijít pokud je zadán příkaz ve špatném tvaru nebo pokud je příkaz menší nebo větší jako 8 znaků. Výjimku tvoří zadávání nového telefonního čísla, které má 9 znaků.

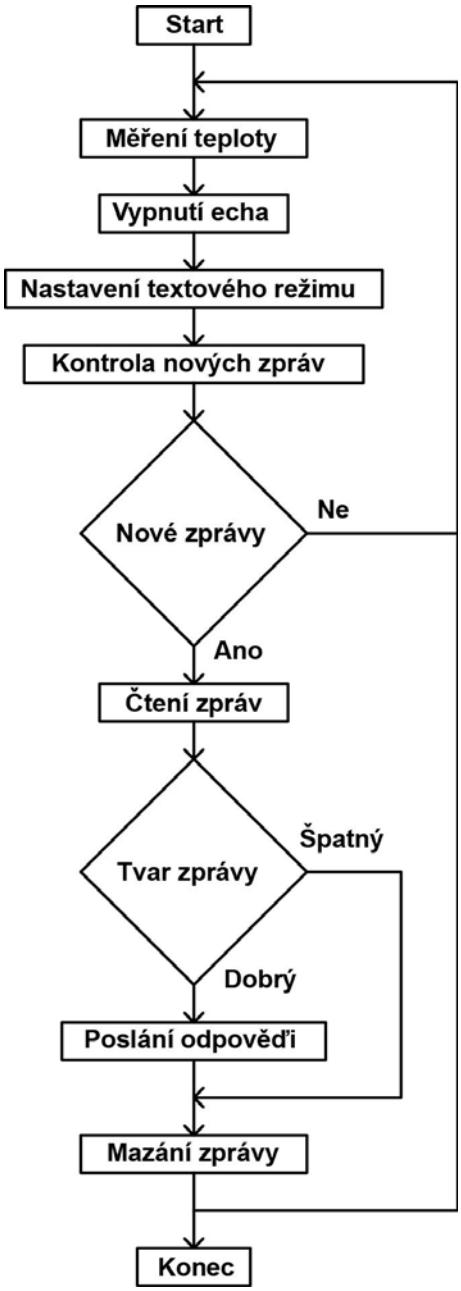
| **Příkaz** | **Odpověď** |
|---|---|
| Příkaz ve špatném tvaru | ERROR |
| Příkaz kratší jak 8 znaků | ERROR |
| Příkaz delší jak 8 znaků | ERROR |

Tab. 6: Chybová hlášení

### 14.4 Program

Na obr. 17 lze vidět vývojový diagram, který nám blokově znázorňuje program. Program neustále měří teplotu a posílá požadavky do modulu TC65. Pokud nepřijde potvrzující odpověď OK z modulu TC65, tak se neposílají další příkazy. Nejprve je třeba poslat příkaz, který nám vypne echo a zabrání tak zpětnému posílání příkazu a to pomoci znaku ATE0. Pak se vybere textový režim nastavení příjmu a posílání zpráv, příkazem AT+CMGF=1. Nakonec program kontroluje nové přijaté

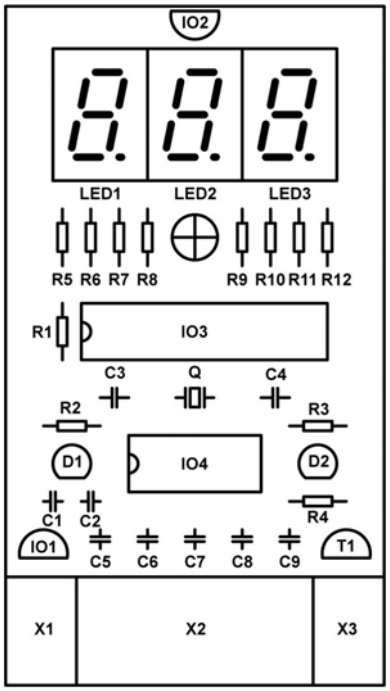
zprávy příkazem AT+CMGL. Pokud je nějaká zpráva doručena, je tímto příkazem přečtena a může se kontrolovat tvar zprávy. Pokud je tvar zprávy známy, vybere se vhodná odpověď a pošle zpět na číslo příjemce. Poté je zpráva smazaná a program pokračuje od začátku. Preventivně jsou mazány zprávy z prvních třech pozic a to z důvodů místa na vybraném paměťovém prostoru. Není-li žádná nová zpráva, program opakuje příkazy neustále dokola.



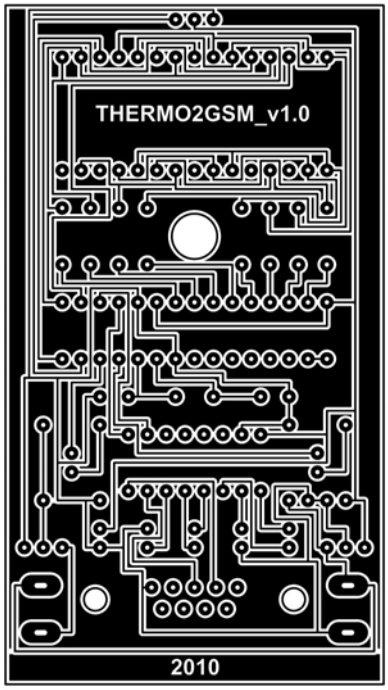

Obr. 17: Vývojový diagram

### 14.5 DPS

Celé zařízení je umístěno na jednostranné desce plošných spojů o rozměrech 90x55mm. Po odleptání a navrtání můžeme přistupovat k vlastnímu pájení součástek. Nejprve začneme osazovat nejmenší součástky, odpory, kondenzátory, patici pod mikropočítač, MAX232 a nakonec pak, LED displej a konektory. Po zkontrolování desky, můžeme vložit naprogramovaný mikropočítač a připojit napájecí napětí. Zařízení by mělo fungovat na první pokus a na displeji by se nám měla zobrazit aktuální teplota.




Obr. 18: Pohled ze strany součástek




Obr. 19: Pohled ze strany spojů

### 14.6 Seznam součástek

V tab. 7 je uveden seznam použitých součástek, které by měli být dostupné ve větších obchodech s elektronikou. Teplotní čidlo SMT 160-30 je v pouzdře T092 a stabilizátor 78L05 je 100mA taky v pouzdře T092. Led displej je se společnou anodou a LED diody jsou červené a zelené barvy

| | |
|---|---|
| **IO1** | 78L05 |
| **IO2** | SMT 160-30 |
| **IO3** | PIC16F876A |
| **IO4** | MAX232 |
| **C1, C2** | 100 nF |
| **C3, C4** | 15 pF |
| **C5 – C9** | 1 uF / 25V |
| **R1, R4** | 10 KΩ |
| **R2, R3** | 560 Ω |
| **R5 – R12** | 680 Ω |
| **Q** | 20 MHz |
| **T** | BC 337 |
| **D1, D2** | LED |
| **D3 – D4** | HDSP-H111 |
| **X1, X3** | K375A |
| **X2** | Canon 9 |
| **DPS** | 50x90 mm |

Tab. 7: Seznam součástek

# 15. Závěr

Tato práce měla za úkol vyřešit problém s dálkovým ovládáním spotřebičů v sítí GSM. Pomoci modulu od firmy SIEMENS TC65 a mým zařízením THERMO2GSM bylo speciálně vytvořeno právě pro tuto práci. Výsledkem je kompletní a funkční přenos dat naměřené hodnoty přes síť GSM přímo na displej mobilního telefonu ve formě SMS zprávy. Pro zařízení THEMO2GSM byla speciálně vyrobena krabička i obal. THERMO2GSM neslouží pouze jako měřič pokojové teploty ale lze k němu připojit třeba topení a řídit tak na dálku teplotu.

# Literatura

[1] Krejčiřík Alexandr, SMS - střežení a ovládání objektů pomoci mobilu a sms, 1. vydání, BEN - technická literatura, Praha 2004, ISBN 80-7300-082-2

[2] http://cs.wikipedia.org/wiki/Bezdr%C3%A1tov%C3%A1_komunikace

[3] http://www.lupa.cz/clanky/osobni-site-bluetooth-a-ieee-802-15/

[4] http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART65-Architektura-GSM-site.html

[5] http://www.neu-mann.cz/mobilni-komunikace/mobilni-technologie/prenos-datovych-signalu-v-systemu-gsm/

[6] http://www.arti.cz/zajimavosti/bezpecnost_gsm/bezpecnost_gsm.htm

[7] http://www.h-centrum.cz/firma/rs232.html

[8] http://www.dhservis.cz/dalsi/at_prikazy.htm

[9] http://www.rdc.cz/en/projects/past/?sid=1&aid=74&PHPSESSID=shkcdsjn

[10] Datasheet Siemens TC65

[11] Datasheet PIC16F87XX

[12] Datasheet SMT160-30

# Seznam příloh